

DOSSIER : TRANSIT DE VENUS

Le CLEA et le passage de Vénus du 8 juin 2004 (*)

P. Causeret, T. Derolez, G. Dodray

Résumé : *Nous l'attendions depuis longtemps et nous n'avons pas été déçus. Du moins ceux qui ont bénéficié d'un ciel dégagé, heureusement la plupart d'entre nous. Je me rappelle il y a quelques années, lorsque nous commençons à parler de cet évènement, j'étais sceptique sur la possibilité de calculer la distance du Soleil avec des moyens d'amateurs. Et puis finalement, en étudiant de plus près le sujet, le CLEA a proposé un protocole d'observation et la manip a pu être menée à terme. Les photos sont là, les résultats aussi, et nous avons obtenu une approximation correcte de cette fameuse unité astronomique. Après coup, on se dit qu'on aurait pu faire de meilleures mesures et avoir des résultats plus précis, mais ce qui nous importe avant tout, c'est le principe, c'est de pouvoir utiliser cette méthode avec nos élèves.*

Les participants

Le protocole du CLEA était présenté sur notre site, le magazine *Astrosurf* l'avait publié en entier, l'observatoire des Makes à l'île de la Réunion le proposait, et de nombreux sites comme celui de l'IMCCE avait un lien vers nos pages Internet. Bref, petit à petit, des contacts se sont noués et une vingtaine de personnes se sont inscrites pour participer à ces mesures.

Vous trouverez sur la page <http://www.ac-nice.fr/clea/VenusImages.html> des photos provenant de treize sites différents. Nous vous présentons trois de ces sites :

Le Spitzberg

Je laisse Gilles Dodray en parler : "Le groupe au Spitzberg : Pour faire un point le plus boréal possible, l'atelier d'astronomie du lycée Gaston Bachelard de Chelles-77- est parti observer le passage de Vénus depuis le cœur de l'océan arctique : dans l'archipel du Spitzberg au nord de la Norvège. On désirait ainsi être à l'image des astronomes aventuriers des siècles passés. Huit élèves de seconde et les deux professeurs d'astro : Gilles Dodray et Stéphane Garel, étaient du voyage. Sur place, le ciel n'eut pas la qualité de l'Europe du Sud, mais la mission de réaliser des images du passage fut réussie. Nos images conjointes avec celles des autres observateurs du CLEA nous ont permis d'évaluer la distance Terre-Soleil à 156,2 Mkm. Nous sommes aussi revenus avec des images de glaciers, de montagnes, de banquise plein les têtes ! Parés pour une nouvelle expédition en 2012 au Spitzberg."



De gauche à droite, debout : B. Morleo, L. Ledru, T. Mannoury, R. Soullignac, S., Duquesnoy, G. Dodray, F. Perez, S. Poli (guide). En bas: M. Courageux, N. Leveque, les chiens: Quito et Henne, S. Garel



L'archipel du Spitzberg au nord de la Norvège

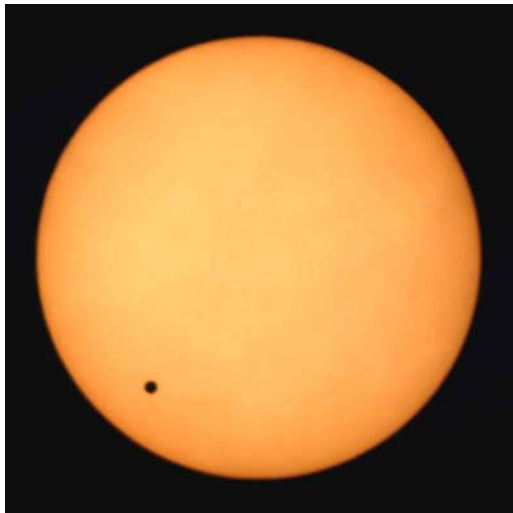


Photo prise à 7 h TU

La Réunion

C'est Thérèse Derolez, du lycée Antoine Roussin à St-Louis dans l'île de La Réunion, qui nous expose son activité :

Le transit de Vénus a été le déclic pour la création d'un atelier astronomie. Je me suis mobilisée dès le transit de Mercure en 2003 et après la lecture du livre de Jean-Pierre Luminet, le "Rendez-Vous de Vénus" . J'ai pensé que le transit de Vénus pouvait faire un excellent sujet de TPE, mais les TPE se terminaient en février et les élèves de 1ère et terminales n'étaient pas disponibles pour le 8 Juin. J'ai donc décidé avec mon collègue de SVT de créer un atelier astronomie pour les secondes dès la fin des TPE. Le but premier de cet atelier était d'inciter les élèves à se tourner vers les sciences ! Nous avons donc animé un atelier tous les samedis matins pendant 3h. Une dizaine d'élèves sont venus régulièrement, plusieurs sorties aux Makes (*) ont été organisées afin de familiariser les élèves avec les instruments. Nous avons eu un financement de 760 euros par la DAAC (action culturel du Rectorat), ce qui nous a permis d'acheter une lunette pour l'observation de ce phénomène

. Le reste du matériel m'appartenait en propre et le télescope nous avait été prêté par une collègue.

Notre dernier atelier a eu lieu le 28 Juin, alors que les élèves étaient en vacances depuis le 8 Juin ! Pour le calcul, nous avons suivi votre démarche, démarche qui me paraissait extrêmement claire et très adaptée à mon public !

Parallèlement, un concours scientifique a été organisé autour du transit de Vénus ; il s'agissait de répondre à une question sur ce phénomène (via Internet) chaque semaine et la dernière question sélectrice portait sur la

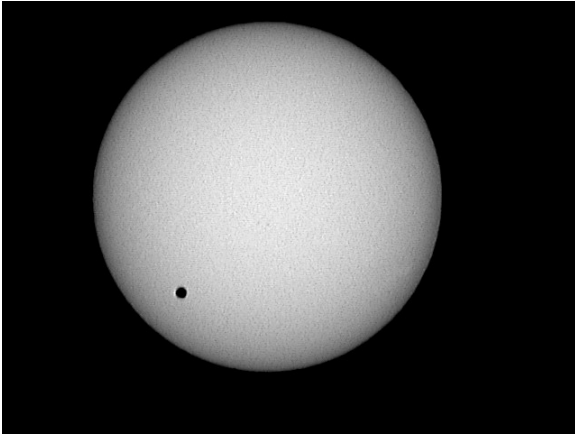
description de ce transit. Beaucoup d'élèves se sont inscrits, mais peu sont allés jusqu'au bout (il n'y avait pourtant aucun piège et toutes les réponses étaient sur Internet !). Il y a eu de très beau prix (télescopes avec système Goto etc..) et un prix spécial du jury : un voyage sur le Marion Dufresne. Ce bateau ravitailleur, fait régulièrement des rotations dans le Grand Sud pour relever les équipes de scientifiques. Le prix a été offert par les TAAF (Territoires des Terres Australes et Antarctiques Françaises) qui se sont impliqués pour ce phénomène en souvenir des observations à l'île Saint-Paul, 1874. Yohan Gauliris, élève de seconde, qui a suivi l'atelier astronomie, a gagné ce prix.



Certains des élèves qui ont suivi l'atelier "astronomie". On voit une partie du matériel mis à leur disposition ; solarscopes, télescope type Newton 114/900 pour l'observation directe avec un filtre Astrosolar et une lunette 70/900 pour la projection sur écran.



Me voici avec la lunette 80/480 motorisée munie d'un réducteur de focale, d'un filtre et d'une webcam

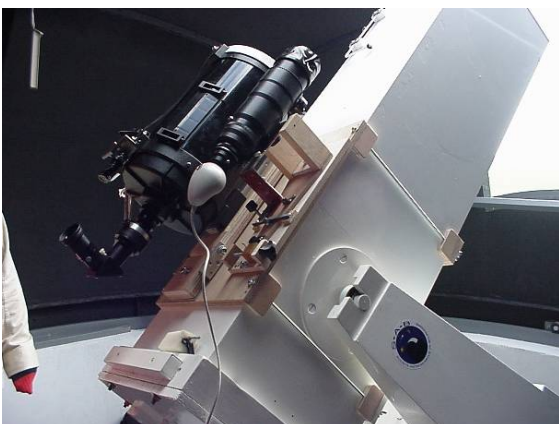


Une image prise à 7h TU. Le nord est en haut, comme prévu dans le protocole, mais à l'oeil nu, Vénus traversait le côté supérieur du Soleil de droite à gauche.

Une image prise à 7h TU. Le nord est en haut, comme prévu dans le protocole, mais à l'oeil nu, Vénus traversait le côté supérieur du Soleil de droite à gauche. (*) Il s'agit de l'observatoire des Makes, à La Réunion, qui a d'ailleurs mis sur son site de très nombreuses photos du 8 juin (www.ilereunion.com/observatoire-makes)

Dijon

Pendant que plusieurs centaines de personnes étaient accueillies pour observer le passage de Vénus à l'extérieur, quelques amateurs s'étaient réfugiés dans leur petit observatoire pour réaliser les photos nécessaires à la mesure de la distance du Soleil. Sur l'une de nos installations, une webcam était fixée derrière un téléobjectif de 300 mm de focale. Pour suivre le protocole du CLEA, nous avons soigné l'orientation qui pouvait être réglée grâce à une molette à environ $0,1^\circ$. Nous avons vérifié la bonne orientation la nuit précédente sur une étoile.



Webcam et téléobjectif en parallèle. Une installation fixe permet une bonne mise en station.

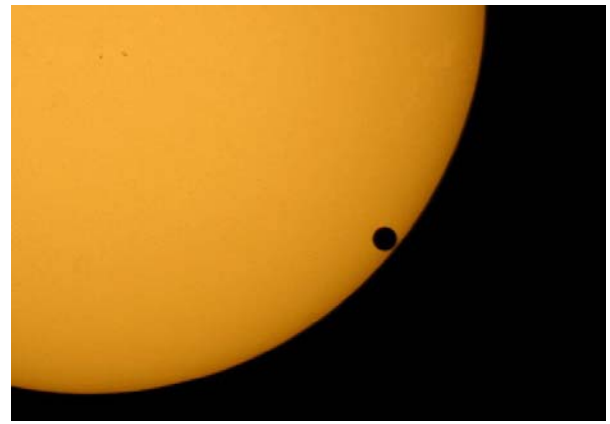
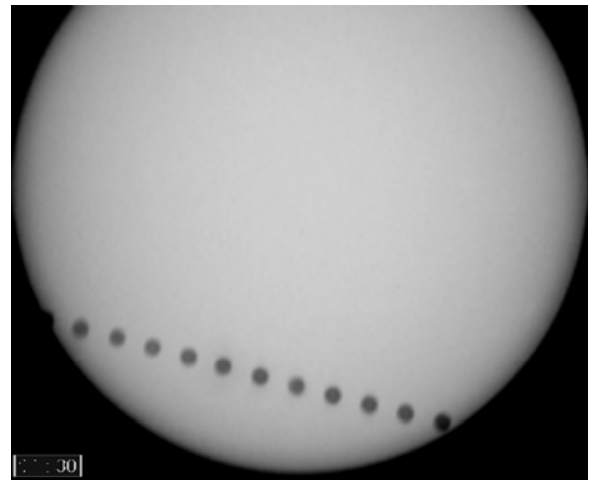


Photo faite avec un appareil photo numérique sans objectif derrière un télescope C8. (photo Samuel Challéat/SAB)

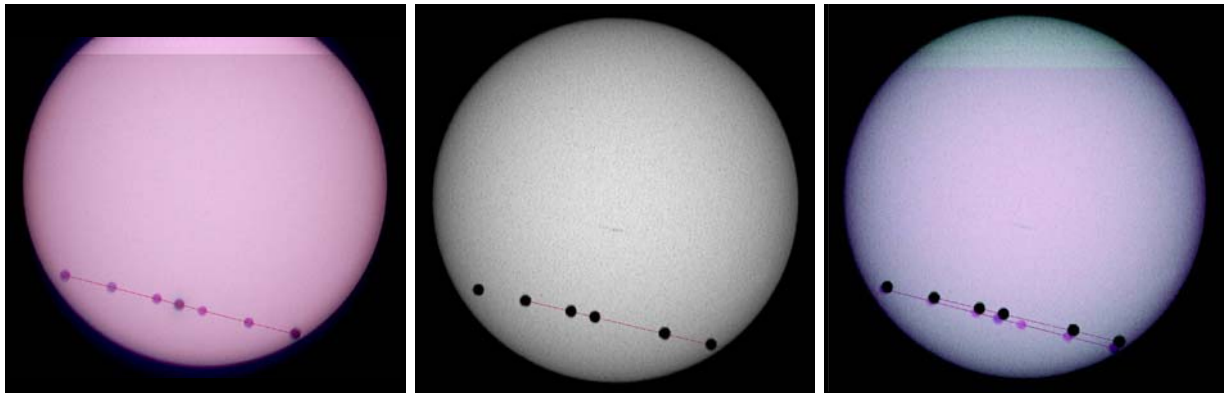


Douze images réalisées à la webcam de 5h30 à 11h, une toutes les demi-heures.

Les problèmes d'alignement

Si le protocole avait été parfaitement suivi, il suffisait d'utiliser deux photos prises à la même heure depuis deux lieux éloignés. J'ai auparavant voulu vérifier l'alignement des photos, qui devait être est-ouest, en utilisant un chapelet d'images pour chacun des sites.

En superposant les photos prises depuis un même lieu à des heures différentes, il nous semblait que les positions de Vénus devaient être alignées à condition que la mise en station soit correcte, donc que l'appareil n'ait pas bougé par rapport à l'équateur. Ce qui semble avoir été le cas sur les images de Dijon et celles de La Réunion.



Sept photos prises depuis Dijon superposées	Six photos prises depuis La Réunion superposées	Les deux résultats superposés
---	---	-------------------------------

Mais lorsque l'on superpose les deux séries d'images, les cordes suivies ne sont pas parallèles et forment un angle de 2° . J'ai d'abord cru que l'orientation des webcam était imparfaite. Mais comme Gilles me l'a rappelé, les cordes devraient être parallèles pour des lieux situés sur le même méridien. En effet, pendant que Vénus se déplace autour du Soleil, la Terre tourne sur elle-même.

Pour bien comprendre ce qui se passe, je suis allé chercher sur le site suisse fourmilab (déjà signalé dans le protocole) les positions des observateurs sur Terre, vus depuis le Soleil.

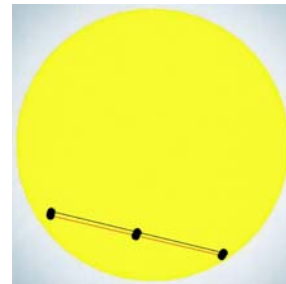


Voici approximativement la position du Spitzberg, de Dijon et de La Réunion au début, au milieu et à la fin du passage (5h30, 8h30 et 11h30 TU), l'image de la Terre étant celle de 11h30.

Vue depuis le centre de la Terre, on peut considérer que Vénus se déplace devant le Soleil en suivant un segment. Mais vue par un Dijonnais, cela ne semble plus vrai, l'observateur ne se déplaçant pas en ligne droite. Calculs faits, le Dijonnais s'écarte sur cette carte du segment départ - arrivée d'un dixième de rayon terrestre soit environ 640 km. Cela entraîne un écart de 1600 km pour la position de Vénus sur le Soleil soit $0,03'$ vu depuis la Terre. Sur une corde d'environ $20'$, c'est peu, mais ce n'est pas totalement négligeable si on compare à l'écart de $0,5'$ que l'on voulait mesurer.

On va néanmoins assimiler la trajectoire observée de Vénus devant le Soleil à une corde, même si ce n'est pas tout à fait le cas.

En regardant les trajectoires suivies par les observateurs de Dijon et de La Réunion sur le globe, on comprend que les deux cordes ne seront pas parallèles, le Dijonnais se déplaçant vers le bas sur la carte alors que le Réunionnais se déplace presque horizontalement



Simulation du passage de Vénus observé depuis Dijon et depuis La Réunion : les cordes ne sont pas parallèles.

Pour déterminer l'angle que doivent former ces deux cordes, j'ai pris la solution de facilité, utiliser un logiciel pour simuler le passage plutôt que d'effectuer des calculs. On trouve environ 1° entre les deux cordes. Sur les 2° mesurés entre les positions de Dijon et celles de La Réunion, 1° seulement doit provenir d'un défaut d'orientation.

Conclusion : le problème d'orientation des images est un vrai problème : utiliser des cordes parallèles, ce n'est pas une méthode exacte pour deux raisons : d'abord, les trajectoires observées de Vénus devant le Soleil depuis deux points de la Terre ne sont pas en général parallèles, et de plus ce ne sont pas de vraies cordes.

Cela m'a encore plus persuadé du bien-fondé du protocole que nous avons mis au point, et qui

consiste à n'utiliser que deux photos prises au même instant et bien orientées, sans tenir compte de la trajectoire dans le temps.

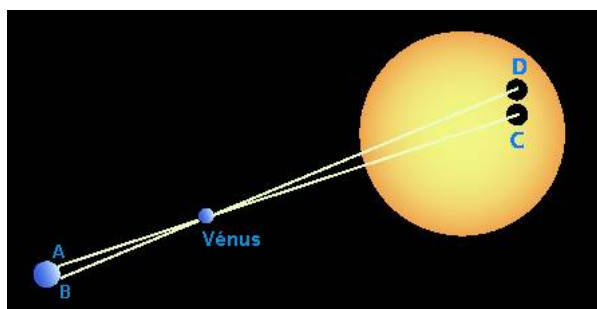
Quand on utilise ces trajectoires, on fait énormément d'approximation et il est très difficile ensuite de savoir quelle est la précision de la méthode.

Un premier calcul de la distance du Soleil

J'ai choisi une heure, 8 h TU, et j'ai travaillé à partir de deux photos, l'une de La Réunion, l'autre de Dijon, en supposant qu'elles étaient parfaitement alignées suivant l'axe est-ouest, ainsi que le prévoyait le protocole. J'ai donc laissé tomber le degré d'erreur que nous avons décelé.

Rappel du principe

L'observateur situé à Dijon en A observe Vénus devant le point C du Soleil alors qu'une personne habitant La Réunion la verra devant le point D. En mesurant le décalage entre les deux positions C et D, et connaissant la distance entre les deux observateurs, on détermine la distance du Soleil.



Première étape : Mesure du décalage

A partir des deux images superposées à 8h TU, on mesure l'écart angulaire entre les deux positions de Vénus devant le Soleil (croix), sachant que le diamètre apparent du Soleil était alors de $31,5^\circ$ et on trouve un écart de $0,55'$.



Images superposées de Vénus photographiée à 8hTU depuis Dijon (en bas) et La Réunion (en haut).

Deuxième étape : Mesure de la distance entre les observateurs

Ayant mesuré l'azimut et la hauteur du Soleil, on a pu matérialiser sur un globe terrestre la direction du Soleil observé depuis La Réunion et depuis Dijon.

Il faut mesurer la distance entre ces deux lignes de visée. On obtient environ 8200 km.



Troisième étape : calcul de CD

On travaille ici dans le plan défini par les observateurs et par le centre de Vénus, V. On a trouvé 8200 km pour l'écartement entre les deux points A et B. L'observation de Vénus montre que la distance Soleil-Vénus vaut 0,72 fois la distance Soleil Terre (vous pouvez retrouver les explications dans le CC n° 105, p. 25).

$AB = 8200 \text{ km}$. $AV = 0,28 \text{ UA}$. $CV = 0,72 \text{ UA}$. (UA = Unité Astronomique = distance Terre-Soleil). Le théorème de Thalès permet de calculer CD :

$$CD = 8200 \times 0,72 / 0,28 \approx 21\,100 \text{ km}.$$

Quatrième et dernière étape : la distance du Soleil

A quoi correspond le décalage de $0,55'$ obtenu en superposant les deux images ? Imaginons que, par hasard, il y ait juste une tache solaire en C et une autre en D. Le décalage de $0,55'$, c'est la distance angulaire entre les deux taches solaires vues depuis la Terre.

A quelle distance d faut-il se placer pour observer deux points distants de 21 100 km sous un angle de $0,55'$?

On assimile CD à un arc de cercle de centre A

$$0,55' \mapsto 21\,100 \text{ km}$$

en divisant par 0,55 puis en multipliant par 60×360 :

$$360^\circ \mapsto 828\,700\,000 \text{ km} ;$$

en divisant par 2π :

$$d \approx 132\,000\,000 \text{ km}$$

(On peut aussi utiliser les angles en radian ou de la trigonométrie).

Quelques remarques

Quelle est la précision du résultat ? Sur les photos originales, l'incertitude sur l'angle de $0,55^\circ$ est d'au moins 10%. En travaillant à partir d'images ayant une

meilleure définition, nous devrions pouvoir améliorer la précision. Il faut rappeler que ce calcul a été fait à partir de deux photos incorrectement orientées. Ce qui a rajouté bien évidemment une erreur. La distance d était plus proche de 8400 km que de 8200 km, ce qui rajoute une erreur de 2 à 3 %.

Le 8 juin, la distance réelle du Soleil était d'un peu plus 151 800 000 km. L'erreur est d'environ 13%.

Pour la prochaine fois (6 juin 2012)

Le protocole, me semble-t-il, était bien défini. Mais pour avoir de meilleurs résultats, trois améliorations dans les photos peuvent être apportées :

1. L'orientation des capteurs devra être beaucoup plus précise. Il faudra utiliser une monture parfaitement mise en station, donc fixe de préférence, et réaliser un montage permettant un réglage précis, au dixième de degré par exemple.

2. Les webcams sont bien pratiques mais leur nombre de pixels est limité. Il faudra travailler avec une meilleure définition, avec des appareils photos numériques ou argentiques

3. La remise à l'échelle des images prises avec des instruments différents s'est faite à partir du diamètre du Soleil mais il peut y avoir des erreurs, le bord n'étant jamais parfaitement net. Il faudrait auparavant étalonner l'image, soit à partir d'une photo de deux étoiles choisies d'avance, soit en faisant deux photos du Soleil espacées d'exactly 2 minutes sans entraînement.

■



Peut-être enfin toute la lumière sur l'hortensia (voir le courrier des lecteurs)