

LE PASSAGE DE VÉNUS EN 2012 : QUELQUES RÉSULTATS DE SVALBARD ET D'AILLEURS

Ann C. Vandaele

Institut d'Aéronomie spatiale de Belgique

Voilà c'est fini ! Le passage de Vénus devant le Soleil s'est déroulé il y a maintenant une semaine. C'est sans doute la première fois qu'autant d'observations, d'images, de vidéos, de commentaires ont déjà, si peu de temps après l'événement, été rendus publics. On ne dénombre plus les pages du web consacrées au passage; des forums ou blog entiers y ont été consacrés. Les moyens de communications actuels, tels que Twitter ou Facebook, ont été mis à contribution. Tout le monde s'est mobilisé, du simple observateur amateur aux agences spatiales (Blog de l'ESA par exemple: blogs.esa.int/venustransit). On a pu suivre le passage depuis différents endroits de la Terre et même depuis l'espace, puisque plusieurs missions satellitaires ont participé à l'expérience. L'Institut d'Aéronomie Spatiale de Belgique a participé de deux façons à l'ob-

servation du transit: la première en participant à un événement à la fois scientifique et d'outreach organisé par l'ESA dans l'archipel de Svalbard et la seconde en observant Vénus et en particulier son atmosphère, pendant toute la durée du passage, à l'aide de l'instrument SOIR à bord de Venus Express, la seule mission spatiale active aujourd'hui autour de l'Etoile du Berger.

Vénus en approche

Mais avant de commenter quelques résultats obtenus au cours de ces journées remarquables, on ne peut s'empêcher de citer les observations réalisées par SoHO qui ont permis de visualiser Vénus s'approchant du Soleil. SoHO, *Solar and Heliospheric Observatory*,

ou observatoire solaire et héliosphérique est un satellite artificiel placé en orbite autour du Soleil. Il est le fruit d'une collaboration entre l'Agence spatiale européenne (ESA) et la NASA. Le satellite SoHO est situé entre la Terre et le Soleil, positionné aux alentours du point de Lagrange L1 [Un point de Lagrange, ou point de libration, est une position de l'espace où les champs de gravité de deux corps en orbite l'un autour de l'autre, et de masses..., endroit où les attractions terrestre et solaire s'équilibrent]. Comme le point de Lagrange L1 est instable, SoHO est forcé d'effectuer des révolutions autour de celui-ci suivant une courbe en forme de haricot. Il est approximativement à 1,5 million de kilomètres de la Terre, dans la direction du Soleil. Étant donné le type d'instruments

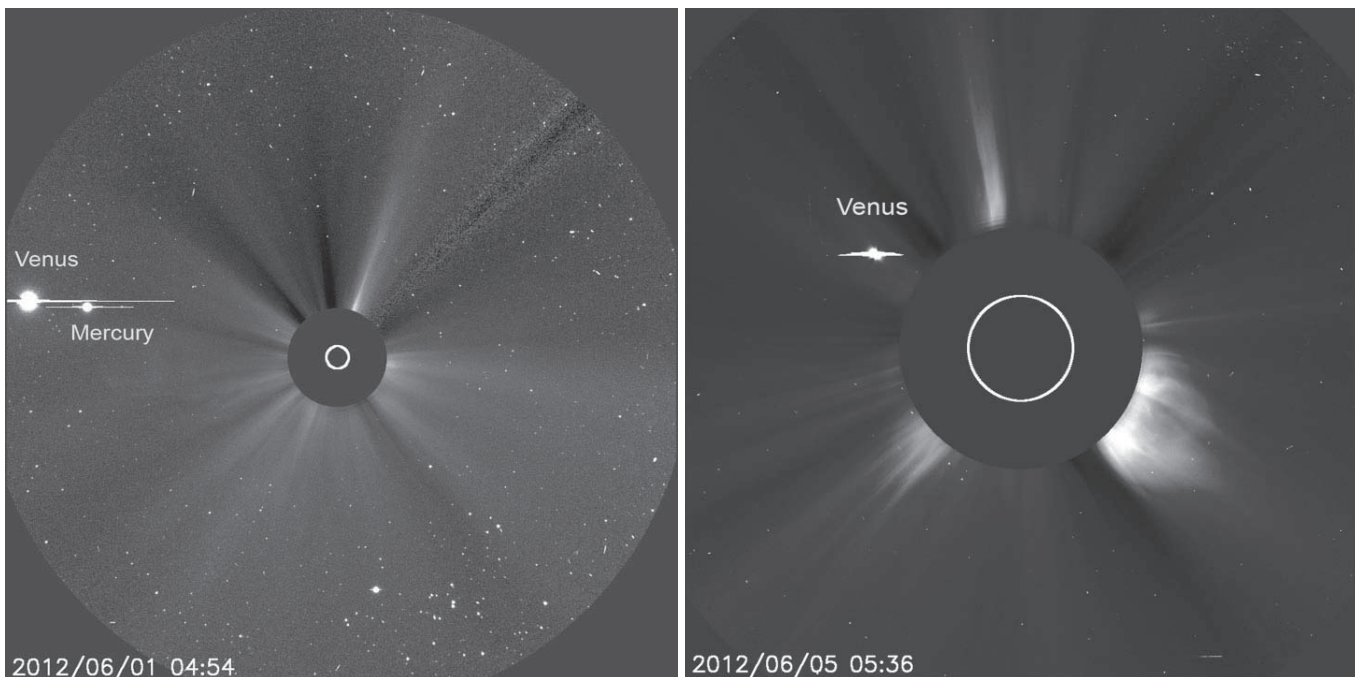


Figure 1 : Vénus s'approche du Soleil. À droite, image prise le 1er juin lorsque Vénus apparaît dans le champ de vue de la caméra LASCO-C3. L'autre point légèrement moins brillant est Mercure. Avec les coronographes, le Soleil direct est bloqué par un disque occultant, que l'on voit ici en bleu. La taille réelle du Soleil est représentée par le disque blanc. Le champ de vue est de 30 rayons solaires. Les photos suivantes sont des images

utilisés sur SoHO (essentiellement des coronographes), SoHO n'a pas pu observer proprement dit le transit. Cependant, les instruments à bord de la sonde ont pu suivre l'approche de Vénus et ensuite son éloignement par rapport au Soleil. Vénus est entrée dans le champ de vue de la caméra LASCO-C3 le 1er juin; elle a été occultée du 4 au 7, et est sortie du champ de vue le 11. Alors que Vénus se rapprochait du Soleil, elle est entrée dans le champ de vue plus étroit de la caméra LASCO-C2 (du 3 au 8 juin).

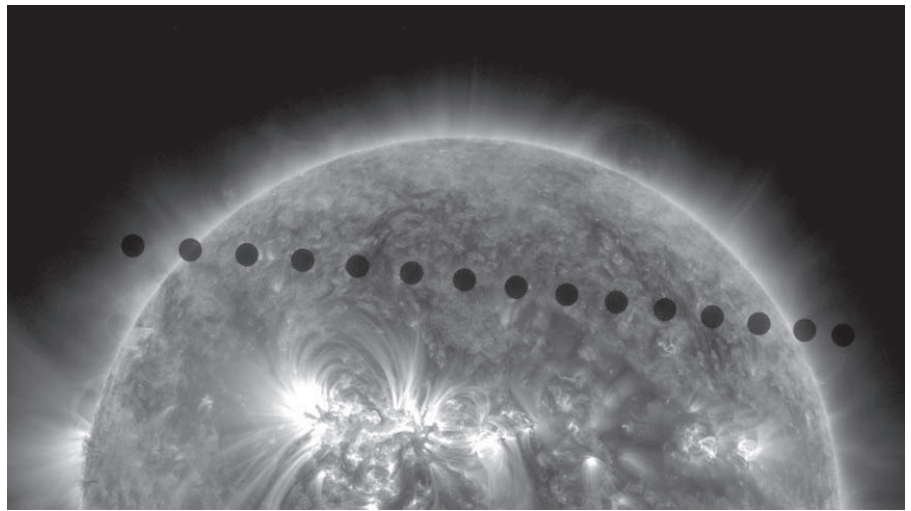


Figure 2 : Observation du passage par l'observatoire solaire SDO Credits: NASA/SDO/AIA

Observations depuis l'espace

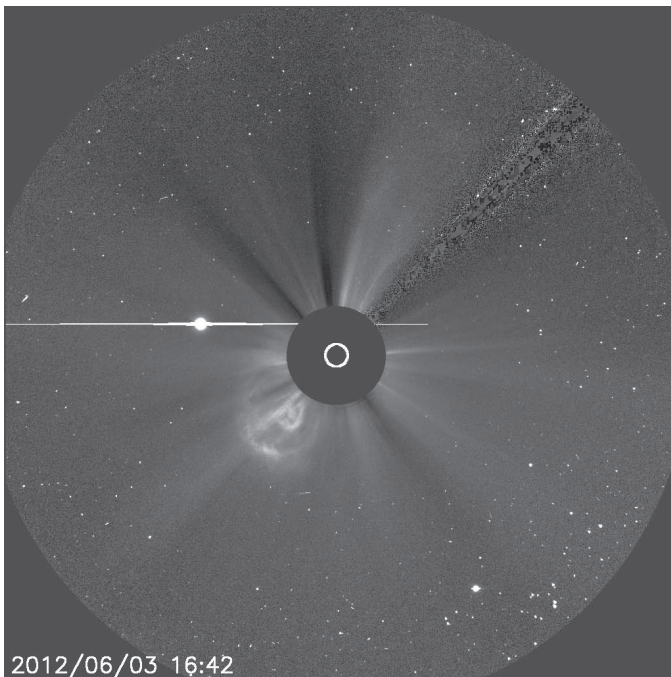
Parallèlement aux observations réalisées depuis la Terre, plusieurs observatoires spatiaux ont suivi le passage de Vénus. On peut notamment citer le télescope spatial *Hubble* (ESA/NASA), et les satellites *Venus Express* de l'Agence spatiale européenne (ESA), *Hinode*, de l'Agence spatiale japonaise (JAXA), *Picard*, du CNES, *Solar Dynamics Observatory*, de

la NASA, ainsi que PROBA2 et l'instrument SWAP (voir article page 75). La sonde *Cassini* en orbite autour de Saturne n'a pas pu participer à cet effort collectif d'observation. Cependant elle observera elle aussi un passage de Vénus devant le Soleil mais ... en décembre 2012 !

Solar Dynamics Observatory (SDO) est un observatoire solaire développé par l'agence spatiale américaine, la NASA, dont le lancement a eu lieu le 11 février 2010. Sa mission qui s'inscrit dans le programme *Living With a Star* (« Vivre avec une étoile »), consiste à développer notre connaissance du Soleil, en particulier ses caractéristiques qui affectent la Terre et l'espace proche de celle-ci, et les changements de son activité.

Étant donné que les premier et quatrième contacts (voir article page 66, encart page 72) de Vénus avec le disque solaire se produisent à des instants et suivant une géométrie connus avec grande précision, SDO va utiliser cette information pour parfaire l'orientation de ses images par rapport au Nord solaire. Cette procédure de calibration est en effet essentielle pour ce type d'instruments dont le positionnement a pu changer lors de la mise en orbite. Différents exercices similaires réalisés au cours des deux années de vie du satellite ont déjà rassuré les astronomes sur la qualité du pointage, mais une confirmation que Vénus apparaisse à l'endroit prévu permettra d'affiner cette orientation au dixième de pixel.

De plus, en utilisant la tache sombre de Vénus, les astronomes pourront également calibrer un autre aspect de l'instrument, appelé 'fonction de diffusion ou d'étalement'. Celle-ci décrit la quantité de lumière qui déborde d'un pixel vers un autre. La tache correspondra à une zone du détecteur dont les éléments (pixels) doivent rester noirs. En mesurant la quantité de lumière effectivement recueillie dans cette zone, les scientifiques auront une idée de ce transfert de pixel à pixel. Ils



obtenues par LASCO-C3 le 5 juin et par LASCO-C2 le 3 juin.

Crédits: ESA/NASA/SoHO

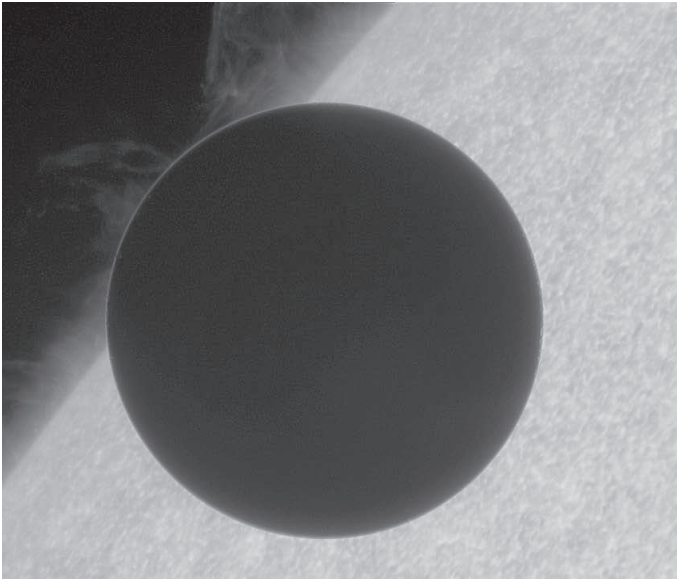


Figure 3: Observation du transit réalisée par le satellite Hinode. Crédits: JAXA/NASA/Lockheed Martin

pourront dès lors imaginer des corrections pour réduire cet effet. Ces mesures serviront également à mieux cerner l'effet de la goutte noire qui apparaît lorsque le bord de Vénus est quasi en contact avec le disque solaire, effet qui rappelle, a contrecarré les essais de mesures précises des contacts

tannique. Il a été lancé le 23 septembre 2006 par une fusée M-V depuis le Uchinoura Space Center au Japon. Son orbite initiale a un périégée d'une altitude de 280 km, un apogée à 686 km et une inclinaison de 98,8 degrés. Hinode a réalisé une série d'ima-

lors des transits des 18 et 19^{ème} siècles.

Hinode (qui, avant son lancement, était connu sous le nom de Solar-B) est un satellite consacré à l'observation du Soleil et issu d'une collaboration entre les agences spatiales japonaise (JAXA), américaine (NASA), européenne (ESA) et britannique.

ges du transit dont le niveau de détail est à couper le souffle. La présence de l'anneau autour de Vénus est due à la diffusion et à la réfraction de la lumière du Soleil qui passe à travers la partie supérieure de l'atmosphère vénusienne. On peut également voir la texture sur la surface du Soleil (en réalité des paquets de gaz chaud s'élevant et de gaz froid retombant) et de belles et larges protubérances du Soleil, de la matière éjectée contre la gravité massive du Soleil, par son champ magnétique.

Venus Express a lui-aussi été mis à contribution lors du passage de Vénus. En effet, l'instrument SOIR, développé par l'IASB en collaboration avec des collègues russes (de l'IKI) et français (du LATMOS, anciennement Service d'Aéronomie, CNRS), a été opérationnel tout au long du transit. Il a ainsi effectué de nombreuses observations en occultation solaire (Ciel et Terre 121, 162-167, 2005; Ciel et Terre, 123, 169-180, 2007) qui permettront, après analyse, la détermination précise des profils verticaux de la densité de CO₂ (le composant majoritaire de l'atmosphère de Vénus) et de la température. De plus, les observations réalisées par SOIR permettent aussi d'obtenir des informations sur le contenu en particules en suspension (aérosols) présentes dans l'atmosphère de la planète. Ces données seront à leur tour utilisées par de nombreuses équipes pour contraindre leurs modèles de l'atmosphère vénusienne, ce qui permettra une analyse plus fine des observations recueillies par d'autres instruments. Par exemple, l'interprétation des données enregistrées par les cythérogaphes du réseau *Twilight* (voir plus loin) sera basée sur les données SOIR obtenues lors du transit.

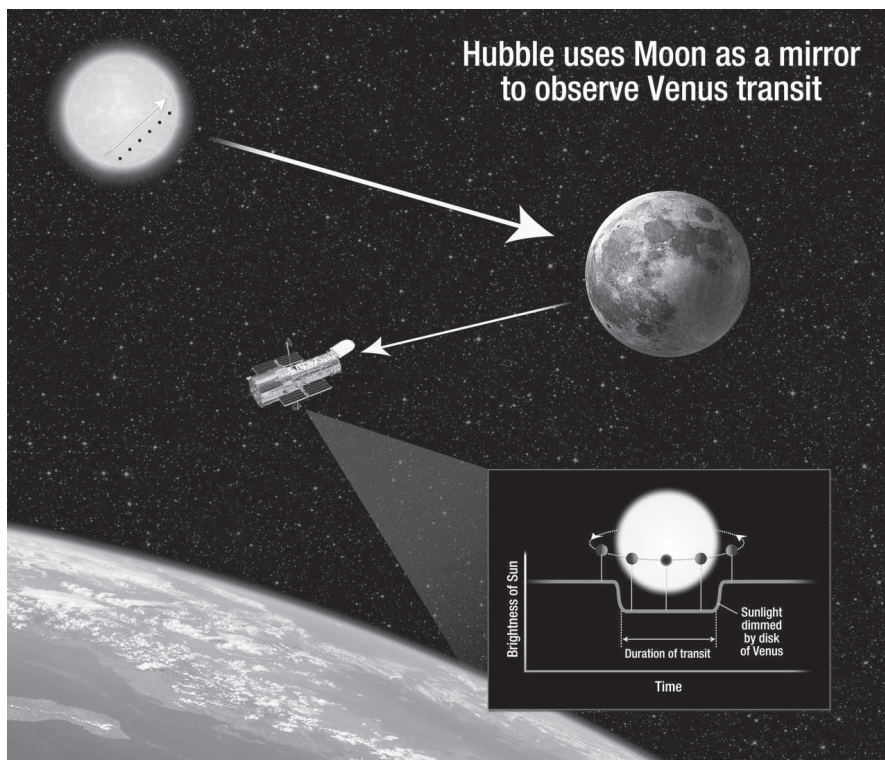


Figure 4: Pour observer le transit de Vénus, Hubble pointera la Lune. Crédits: Nasa/EsalA. Feild (STScI)

Pour éviter que le télescope spa-

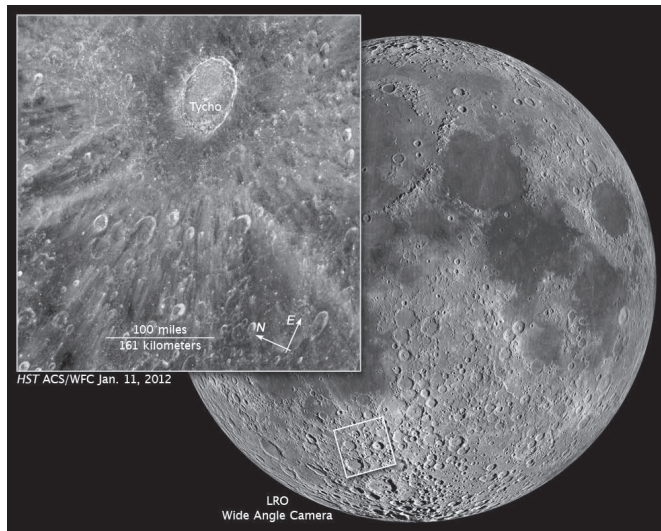


Figure 5: Image du cratère Tycho réalisée par la télescope spatiale Hubble
 Crédits: NASA, ESA, and Z. Levay (STScI)

tial Hubble ne soit dangereusement illuminé en se tournant vers le Soleil, les astronomes ont eu l'idée de le faire pointer vers la Lune, pour mesurer dans la lumière solaire réfléchi (la lumière cendrée) la minuscule baisse de luminosité occasionnée par le

passage de Vénus (de l'ordre de 0,00001 %), et tenter d'y détecter la signature spectroscopique des composants de l'atmosphère vénusienne.

L'idée d'utiliser notre satellite naturel comme réflecteur n'est pas

nouvelle. Il y a quelques semaines les astronomes de l'ESO ont utilisé le *Very Large Telescope* de la même façon. L'objectif de leur mission était de rechercher des biosignatures terrestres à l'aide de la spectropolarimétrie. Il s'agissait de démontrer que la vie sur Terre est détectable en analysant la lumière cendrée de la Lune, une méthode qui pourrait être utilisée pour de futures recherches de la vie sur des planètes situées en dehors du Système solaire (voir page 85 pour plus de détails).

En observant la même région lunaire pendant les 7 heures du transit, Hubble tentera de mesurer l'infime baisse de luminosité engendrée par le passage de Vénus devant le Soleil. Un spectromètre à bord de l'Observatoire Hubble sera chargé de détecter d'éventuelles variations dans la signature spectrale de l'atmosphère de Vénus. Des tests préparatoires ont été effectués sur le cratère Tycho, afin de vérifier si Hubble était en mesure de rester pointé sur sa même cible tout en tournant autour de la Terre en 96 minutes.

Observation depuis la Terre

De par le monde, le passage de Vénus aura été observé avec plus ou moins de bonheur. En Belgique, le temps couvert a empêché toute observation. L'équipe de l'Institut d'Aéronomie Spatiale de Belgique s'est rendue à Longyearbyen, sur l'île du Spitsberg dans l'archipel de Svalbard. Longyearbyen est situé à 78°15N, donc bien au-delà du cercle polaire. C'était l'un des rares endroits d'Europe d'où le passage était observable dans sa totalité. Le premier contact était attendu à 00h 04m le 6 juin, le transit devant se terminer vers 06h 52m. Il faut se rappeler en effet qu'aussi au Nord et en cette saison, le Soleil ne se couche jamais. Nous avons donc eu la

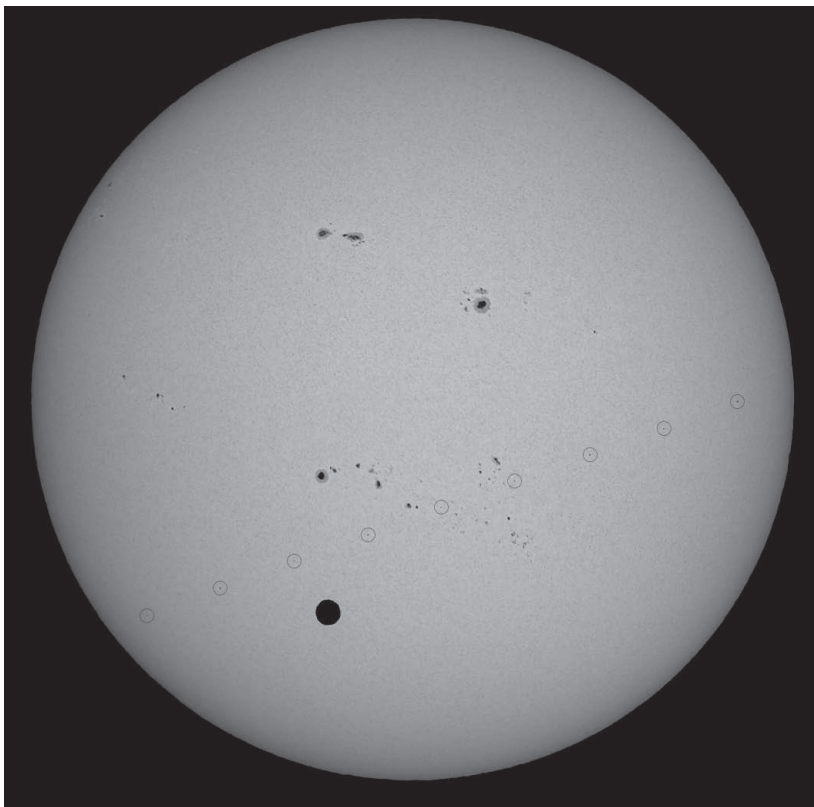


Figure 6: Le «photo-astrographe» Thierry Legault a réussi à capturer à la fois Vénus et le télescope spatial Hubble (entouré de cercles), tous deux effectuant leur passage devant le Soleil ce 6 juin 2012. La photo a été obtenue depuis le Nord-Est de l'Australie. Le passage de Hubble a duré moins d'une seconde. Crédits: Thierry Legault



Figure 7: Le Soleil de minuit au Svalbard. La veille du transit, grand ciel bleu et Soleil bas sur l'horizon de Svalbard : 2200 habitants et 3000 ours (aucun bien sûr mais bien présent ! Crédits: F. Darrouzet

chance, non seulement de suivre tout le passage, mais en plus devant le Soleil de minuit ! Une expérience qui restera inoubliable.

La veille du transit, le temps était au beau fixe, Soleil et pas de nuages. Cependant en fin de journée, le ciel a commencé à se couvrir, et dix minutes avant le début du transit, le désespoir commençait à gagner les participants. L'ESA, et en particulier l'équipe associée à la mission Venus Express, avait organisé un événement autour du passage de Vénus, en invitant des scientifiques de la mission Venus Express a parlé de leur planète favorite devant un public svalbar-

dien assez nombreux. Les conférences ont été suivies d'une invitation à observer le transit à l'aide des différents instruments installés. On comptait ainsi un double télescope solaire et optique mis en oeuvre par une équipe du centre opérationnel de l'ESAC, un télescope solaire apporté par H. Svedhem, le *Project Scientist* de la mission Venus Express et un cythérographe du réseau *Twilight* tenu par une équipe de l'Observatoire de Paris. Une équipe de la télévision anglaise BBC était aussi présente avec un télescope solaire ainsi que quelques instruments 'tout public'. En plus de ses propres observations, cette équipe a

réalisé un reportage qui sera prochainement diffusé dans le cadre de l'émission 'Sky at night'.

Le premier contact n'a pu être observé à cause de la couverture nuageuse, mais déjà avant le deuxième contact, le ciel s'est dégagé. Ensuite, le reste du passage s'est effectué en jouant à cache-cache avec les nuages. Dans l'ensemble, Vénus a été visible clairement pendant de très longues périodes et tout au long du transit, et ce jusqu'à la fin. L'équipe SOIR de l'IASB-BIRA était présente sur lieux pour participer à cet événement. Sans compter son instrument à bord de Venus Express,



Figure 9: L'évènement attire des curieux et des passionnés: en plus des équipes ESA, Twilight, de la BBC, quelques particuliers ont aussi installé leurs télescopes. Crédits: F. Darrouzet



Figure 10: Il est 23h 55m à Longyearbyen, le ciel est totalement couvert. Crédits : IASB-BIRA



Figure 11: L'équipe de l'Observatoire de Paris-Meudon opérant le cythérographe à Longyearbyen. Crédits: IASB-BIRA



Figure 12: L'équipe de l'ESA venue observé le passage avec deux télescopes, l'un optique et l'autre solaire. Crédits: IASB-BIRA



Figure 13: Vénus entre le premier et le second contact depuis Svalbard. Crédits: Michel Breitfellner and Miguel Perez Ayucar/ESAC



Figure 14: Vénus dans les nuages (depuis Longyearbyen). Photographie prise à l'aide d'une caméra courante, juste posée sur un trépied pour assurer la stabilité. L'avantage des nuages, c'est qu'aucun filtre atténuateur n'est nécessaire ! Crédits: IASB-BIRA

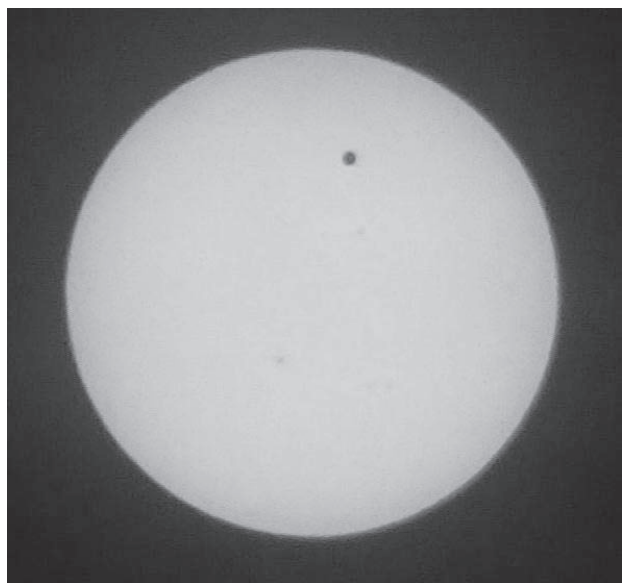
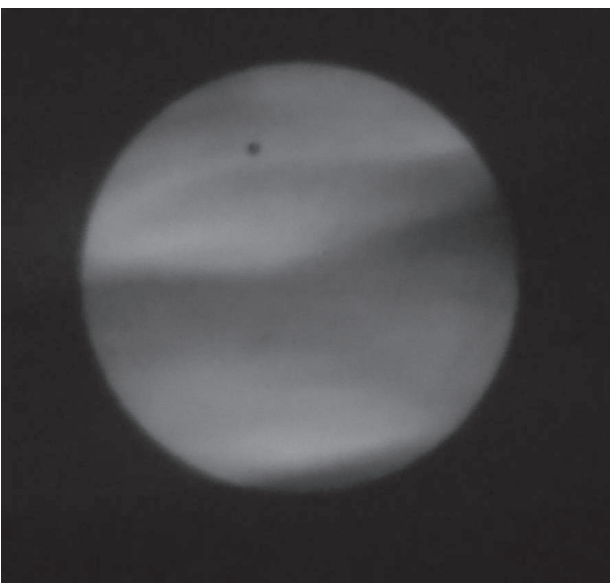


Figure 15: Encore quelques images obtenues à l'aide de la caméra de l'IASB-BIRA, avec filtre cette fois car les nuages ont quasi disparu. Crédits: IASB-BIRA

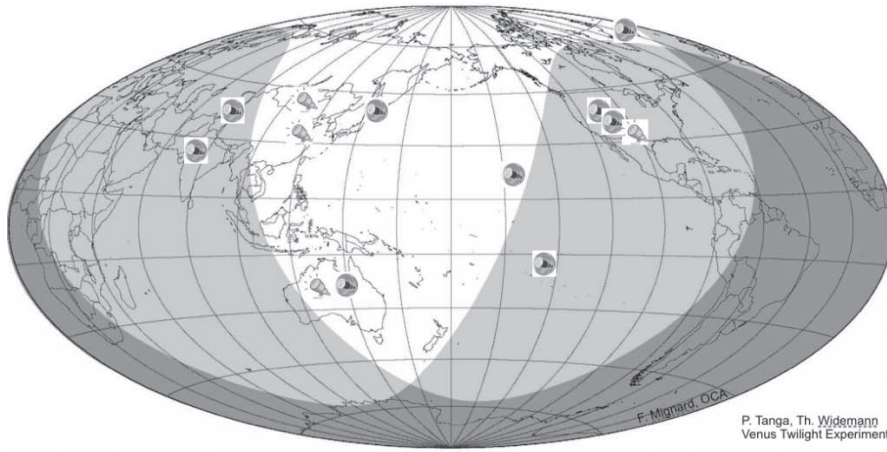


Figure 16: Les différents sites du réseau Twilight. En bleu les sites avec coronographes et en rouge là où d'autres télescopes participent à la campagne d'observation. Crédits: Th. Widemann & P. Tanga

l'équipe avait emmené une petite caméra commerciale, histoire de garder quelques souvenirs de cette expédition. Nous avons été très étonnés de la qualité des images obtenues grâce à ce type d'instrument et finalement nous nous sommes retrouvés à enregistrer l'entièreté du passage avec notre caméra, minuscule à côté des télescopes apportés pour l'occasion par les autres membres de Venus Express. De plus, durant tout le passage, nous avons tenu un «blog», alimenté régulièrement tout au long de l'observation de

nos impressions, d'images et de vidéos (<http://venus.aeronomie.be/fr/passage/Svalbard.htm>).

Une dizaine d'instruments faisant partie de la collaboration *Venus Twilight Experiment* mise en place par Thomas Widemann, de l'Observatoire de Paris-Meudon, et Paolo Tanga, de l'Observatoire de la Côte d'Azur, ont observé le transit depuis huit sites distincts, essentiellement dans la zone Asie-Pacifique. Ces observations ont été réalisées avec un instrument développé pour l'occasion, le cy-

thérographe. Il s'agit de lunettes de neuf centimètres de diamètre équipées de masques, ou coronographes, dont les dimensions sont calculées pour occulter le disque solaire éblouissant et ne laisser passer que la lumière issue de l'atmosphère de la planète et de l'«auréole», un anneau lumineux intense qui entoure Vénus au début et à la fin du transit. Chaque exemplaire du cythérographe fonctionne dans des longueurs d'onde différentes.

Conclusions

L'objectif de toutes ces observations est double. D'abord, acquérir des données complémentaires sur la haute atmosphère vénusienne, qui s'étend au-dessus des nuages, à partir de 70 kilomètres d'altitude.

Ce passage permettra de «calibrer» les observations de planètes de type terrestre en transit devant d'autres étoiles, telles qu'en réalisent régulièrement les satellites CoRoT du CNES et *Kepler* de la NASA. Si Vénus était une exoplanète en transit, que verrions-nous de ses caractéristiques physiques et de sa composition chimique? Jusqu'à quel seuil peut-on détecter lors du transit ses constituants atmosphériques, déjà connus par ailleurs? Peut-on établir une signature spectrale de l'atmosphère de Vénus, transposable à d'autres planètes extrasolaires?

Autant de données qui serviront à préparer la mission spatiale européenne ECHO (*Exoplanet Characterization Observatory*), qui explorera à l'horizon 2024 la chimie des atmosphères exoplanétaires grâce à un télescope de 1,26 mètre de diamètre. En attendant les prochains passages de Vénus devant le Soleil, en 2117 et en 2125!

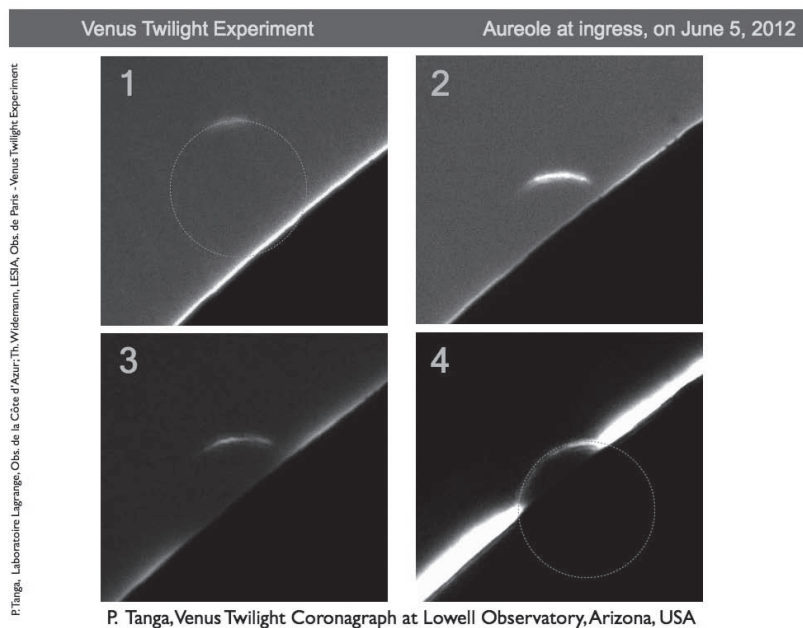


Figure 17: Observation de l'auréole lors du passage de Vénus. Image prise par le coronographe du réseau Twilight installé en Arizona, USA. Crédits:P. Tanga