

# OBSERVATIONS DE MARS ET DE VÉNUS DEPUIS KITT PEAK, ARIZONA

Arnaud Mahieux

Institut d'Aéronomie spatiale de Belgique

Kitt Peak National Observatory (KPNO) est un observatoire américain de la NOAO (*National Optical Astronomy Observatory*). Situé dans le désert du Sonoran à proximité de Tucson en Arizona, il a été sélectionné en 1958 comme site d'observation, et accueille aujourd'hui la plus grande concentration de télescopes optiques et radiotélescopes au monde (25 et 2 respectivement). Le plus grand télescope a un miroir de 4 m (Mayall) et sert à des observations nocturnes, et l'observatoire abrite également

le plus grand télescope solaire du monde, le MacMath-Pierce Solar Telescope (<http://www.noao.edu>). De nombreuses universités américaines, dont l'*University of Arizona*, ainsi que la *National Science Foundation* (NSF) financent le KPNO. Le ciel y est clair 71% du temps par an.

L'observatoire de Kitt Peak se situe au sommet d'une montagne isolée portant le même nom, qui culmine à près de 2100 m d'altitude, et offre une vue magnifique sur le désert environnant (Figure

1 à 3). La végétation y est fort différente de celle que l'on rencontre en contrebas, où les cactus laissent place à une flore qui ressemble à celle que l'on rencontre sur le pourtour méditerranéen (Figure 4). Pour accéder au site, une route escarpée sillonne la montagne. En plus des bâtiments abritant les télescopes, de nombreux logements sont disponibles pour les observateurs venant de tous les pays, ainsi qu'une cafétéria, et un centre touristique.



Figure 1 : Vue du désert depuis le site du MacMath-Pierce Solar Telescope, en regardant vers l'est.



Figure 2 : Kitt Peak au coucher du soleil.



Figure 3 : Vue de Kitt Peak depuis le sommet du télescope MacMath-Pierce.



Figure 4 : Site du MacMath-Pierce Solar Telescope.

Une équipe de scientifiques venant de différents laboratoires européens, composée du Dr. Manuela Sornig, Pia Krause et Tobias Stangier de l'Université de Cologne, et Arnaud Mahieux de l'Institut d'Aéronomie Spatiale de Belgique en tant qu'observateur invité, s'est rendue au KPNO afin d'installer sur le MacMath-Pierce Solar Telescope leur instrument THIS, acronyme de *Tunable Heterodyne Infrared Spectrometer*. Le MacMath est un télescope impressionnant, tout d'abord de par sa taille (Figure 5). Inauguré le 2 novembre 1962, il est enfermé dans une structure en métal qui s'enfonce obliquement dans la montagne. Sa tour culmine à 30 m de haut, et abrite le premier miroir, d'un diamètre de 1,61 m (Figure 6). Deux autres miroirs

reflètent la lumière jusque dans la salle d'observation, où sont installés les instruments (Figure 7). Le MacMath-Pierce Solar Telescope abrite en réalité trois optiques différentes, le télescope principal, qui possède le plus grand miroir, et deux télescopes secondaires, appelés télescopes Est et Ouest, qui ont des miroirs principaux de 0,91 m. Toute la mécanique des télescopes est actionnée depuis un grand panneau de contrôle. Ici, point d'ordinateurs pour effectuer les pointages, tout est encore partiellement fait à la main, à l'aide de gros boutons lumineux (Figure 8). De plus, des restrictions budgétaires ont eu raison des opérateurs, ce qui oblige les observateurs à actionner les optiques eux-mêmes. La salle d'observation a

été construite à l'intérieur de la montagne, et n'a de lumière extérieure que celle venant des astres observés.

L'instrument THIS est un spectromètre complexe assez volumineux (cube d'environ 1 m de côté, Figure 9 et Figure 10), qui utilise la technique de la spectroscopie hétérodyne infrarouge pour étudier les atmosphères d'autres planètes, principalement celles de Mars et de Vénus. L'instrument a une puissance de résolution très élevée, proche de  $10^7$ . Le temps d'exposition d'une mesure a une valeur d'environ 10 minutes, composée de 32 cycles. Il mesure des raies d'émissions de non équilibre local thermodynamique (non-LTE) de bandes de dioxyde de carbone à  $10,5 \mu\text{m}$

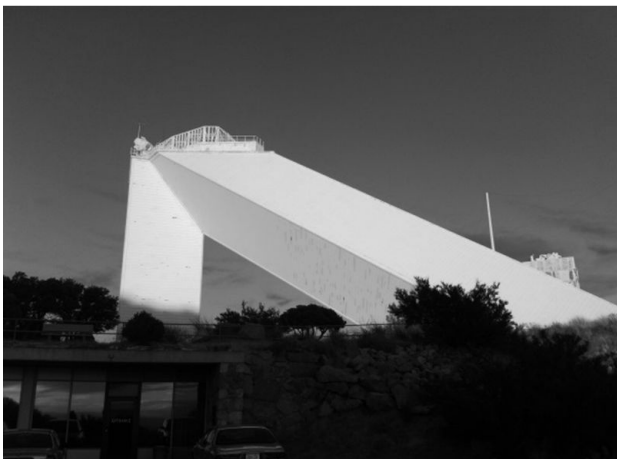


Figure 5 : Le télescope vu au coucher du soleil.

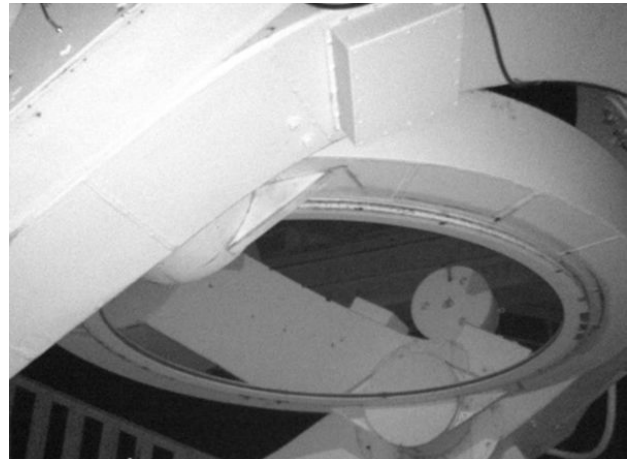


Figure 6 : Le miroir principal du télescope principal, situé au sommet de la tour.



Figure 7 : Les deuxième (en bas de l'image) et troisième (en haut de l'image) miroirs du télescope principal. La salle d'observation se trouve juste en dessous.



Figure 8 : Le tableau de contrôle de pointage du télescope.

pour déterminer les températures cinétiques et rotationnelles ainsi que la pression atmosphérique de la zone étudiée. En effet, la raie d'émission non-LTE est mesurée simultanément avec la raie d'absorption atmosphérique, ce qui permet de déterminer avec précision ces trois variables atmosphériques. Avec une résolution très élevée et un bruit relativement faible, les résultats obtenus sont d'une grande qualité, ayant pour seul bémol la résolution spatiale sur l'objet étudié, qui est parfois relativement faible.

La campagne de mesure du début de ce mois de novembre était

prévue afin de pouvoir prendre des mesures de Mars, Vénus, mais aussi de la comète Ison, qui a atteint son périhélie le 28 novembre 2013. L'instrument a été installé sous le troisième miroir le 20 novembre, et les calibrations ont commencé dès le lendemain, voir Figure 9. La période d'observation allouée par le NOAO à l'équipe de THIS était prévue du 26 au 28 novembre. Malheureusement, cinq jours nuageux dont trois jours de pluie ont retardé cette longue procédure, nécessaire afin de pouvoir à la fois aligner optiquement THIS avec les miroirs du télescope, mais également calibrer l'instrument

lui-même. La période d'observation s'est finalement étendue du 28 novembre au 3 décembre. La calibration a été finalisée, le 30 novembre, car plusieurs manipulations importantes devaient encore être réalisées, comme la vérification de la collimation du MacMath-Pierce avec THIS, le réglage des lasers du spectromètre, la vérification de l'acquisition des données, les calibrations sur des corps noirs, etc. Les calibrations les plus impressionnantes ont été celles qui ont concerné les manœuvres manuelles du télescope pour chercher des astres dans le ciel. En effet, le MacMath-Pierce est un télescope solaire, dont la

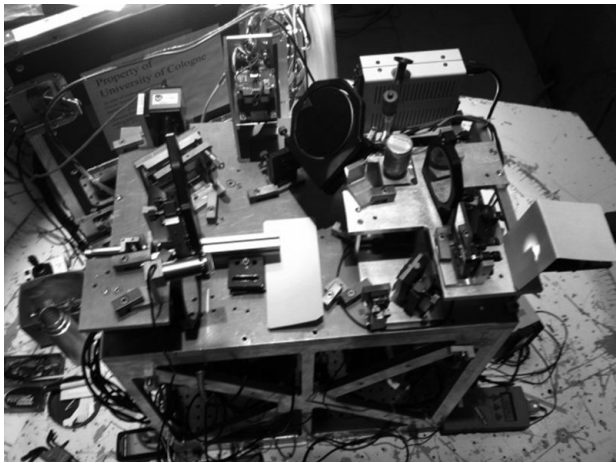


Figure 9 : Le spectromètre THIS.

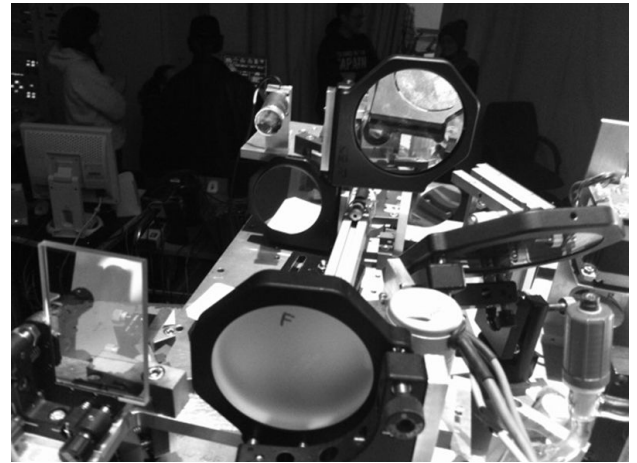


Figure 10 : Vue de l'optique d'entrée de THIS.



Figure 11 : Fenêtre d'entrée de la lumière dans la salle d'observation, juste au-dessus de l'instrument THIS, avec vue sur le troisième miroir.



Figure 12 : Phase de calibration en regardant le Soleil.

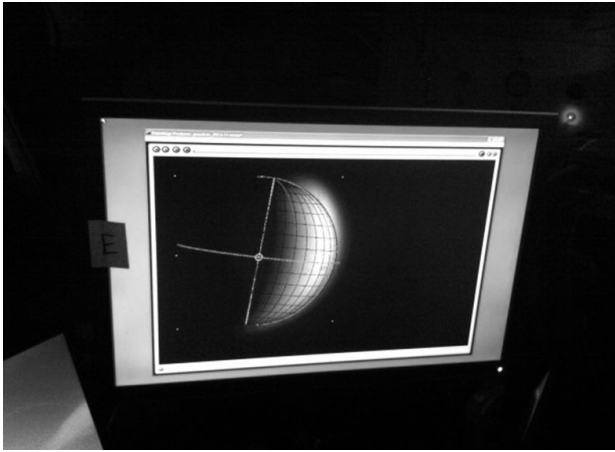


Figure 13 : Vue de Mars, avec position des méridiens et parallèles de la planète. Le terminateur est la ligne bleue. (voir page de couv. 2 pour une version couleurs de la Figure)

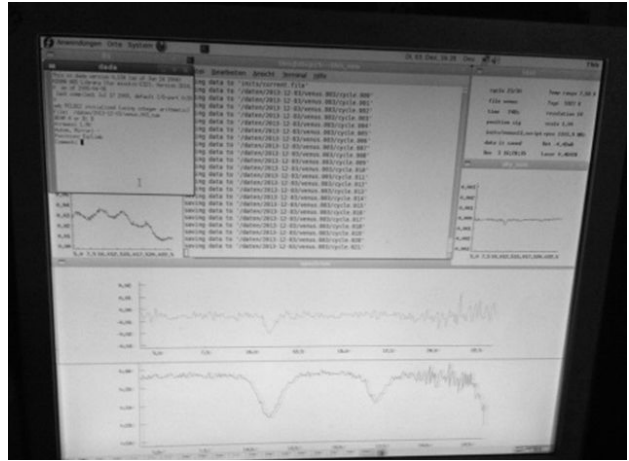


Figure 14 : Vue d'une mesure réalisée par THIS. Sur le panneau du bas, la raie la plus importante est une raie d'émission non-LTE de  $\text{CO}_2$  de l'atmosphère de Mars.

précision de pointage a été calculée pour suivre le Soleil, le plus gros astre vu depuis la Terre avec la Lune. Or, Mars, Vénus et Ison sont des objets beaucoup plus petits, et lorsque le télescope est pointé vers la position supposée de l'objet, commence alors une recherche à l'aide de feuilles blanches directement sous l'optique du télescope afin de localiser l'astre recherché. Lorsque la planète est enfin localisée, elle est placée au milieu du miroir d'entrée, et peuvent alors commencer les mesures.

La comète Ison n'a hélas pas pu être observée, car la calibration

n'était pas prête avant son périhélie, et elle s'est quasi-totalement désintégrée après son passage près du Soleil. Fort heureusement, des mesures de Mars et Vénus ont pu être réalisées. Une petite caméra permet de voir dans le visible les mesures que prend l'instrument, telles que présentées Figure 13 pour Mars. Mars était visible de 1h15 à 14h00, avec une élévation maximale de  $61^\circ$ . Les mesures ont eu lieu autour de 11h. Vénus était visible de 10h15 à 20h25, avec une élévation maximale de  $33,6^\circ$ . Les mesures ont été prises en fin d'après-midi, vers 16h.

Un exemple de mesure qui a été

réalisée est présenté Figure 14. Le panneau du bas est un spectre hétérodyne de  $\text{CO}_2$  de l'atmosphère de Mars. La raie la plus importante est une raie d'émission non-LTE, dans laquelle la raie d'absorption, beaucoup plus faible, peut se deviner.

Les mesures seront analysées dans le courant de l'année 2014, et les résultats de THIS pour Vénus comparés aux données de l'instrument SOIR à bord de la sonde Venus Express, qui orbite autour de Vénus depuis mi-2006. En effet, cet instrument permet d'obtenir des profils de température de 70 à 170 km, englobant la zone de sensibilité en altitude de THIS (100-120 km pour Vénus).

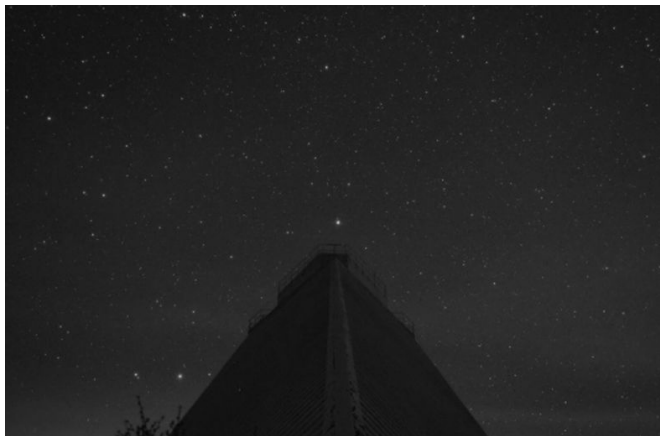


Figure 15: Vue du ciel depuis la base du télescope MacMath-Pierce. L'étoile dans l'axe de la structure est l'étoile polaire.

**Remerciements** – A. Mahieux tient à remercier le support du projet EuroVenus (FP7-606798) ainsi que la bourse BAEF sans lesquels il n'aurait pas pu participer à cette campagne d'observations, ainsi que le Dr. M. Sornig (RIUUK, Allemagne) pour l'avoir invité.