

Mission SAN

(du dimanche 31 octobre au dimanche 7 novembre)

1. L'Équipe

L'équipe était constituée de Pierre Lavisse, Jean-François Hélas Anne-Laure Rual, Jamil Haddadi, Christophe Pellier, et Pierre Valeau (responsable de mission).



2. Le programme

Des objectifs très variés pour exploiter au mieux les conditions exceptionnelles du site (qualité du ciel et du matériel, période de nouvelle Lune) ont été mis au programme afin de permettre à chacun de pouvoir se perfectionner (ou découvrir) dans divers domaines :

- Imagerie (et spectroscopie) planétaire au T500-2 : Jupiter – Uranus - Neptune ;
- Mesure de Transits d'exoplanètes au T500-1 ;
- Imager le parachute d'Andromède en Lucky Imaging au T500-2 ;
- Calculer la distance d'Uranus à l'opposition.
- Imagerie de galaxies en LRVB au T500-1 (et/ou) T62 ;
- Observations en visuel d'objets remarquables au T62 ;

3. Les conditions météo

Les conditions météorologiques ont été globalement défavorables aux observations astronomiques : tempête de neige les premiers jours puis seulement trois nuits exploitables avec un seeing médiocre qui n'est jamais descendu sous la seconde d'arc !

4. Les résultats d'observations

Un post a été créé sur le forum du site internet d'AstroQueyras pour revivre le déroulé de la semaine d'observation : <https://www.forum.astroqueyras.com/viewtopic.php?f=27&t=1287>

4.1. Comète 67P/Churyumov-Guerasimenko

Les premiers tests de fonctionnement du T500-1 ont été réalisés sur la mythique comète 67P/Churyumov-Guerasimenko où la sonde Rosetta et le module Philae ont réalisé leurs exploits. Acquisitions avec la Sbig STL et filtre L.



addition de 11 poses de 120s.

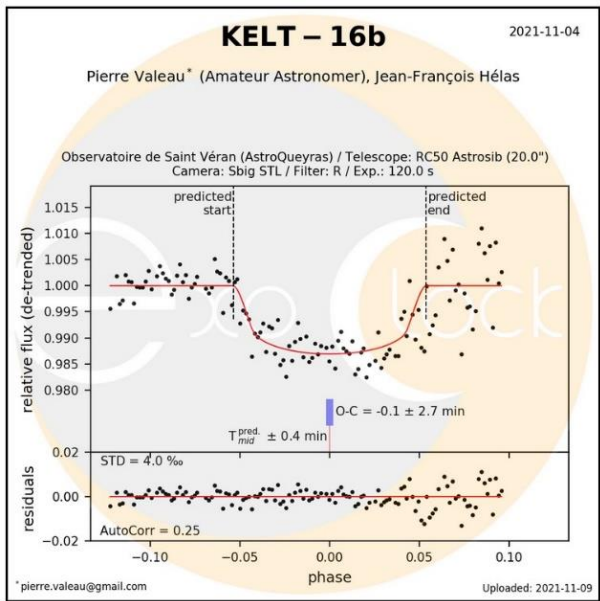
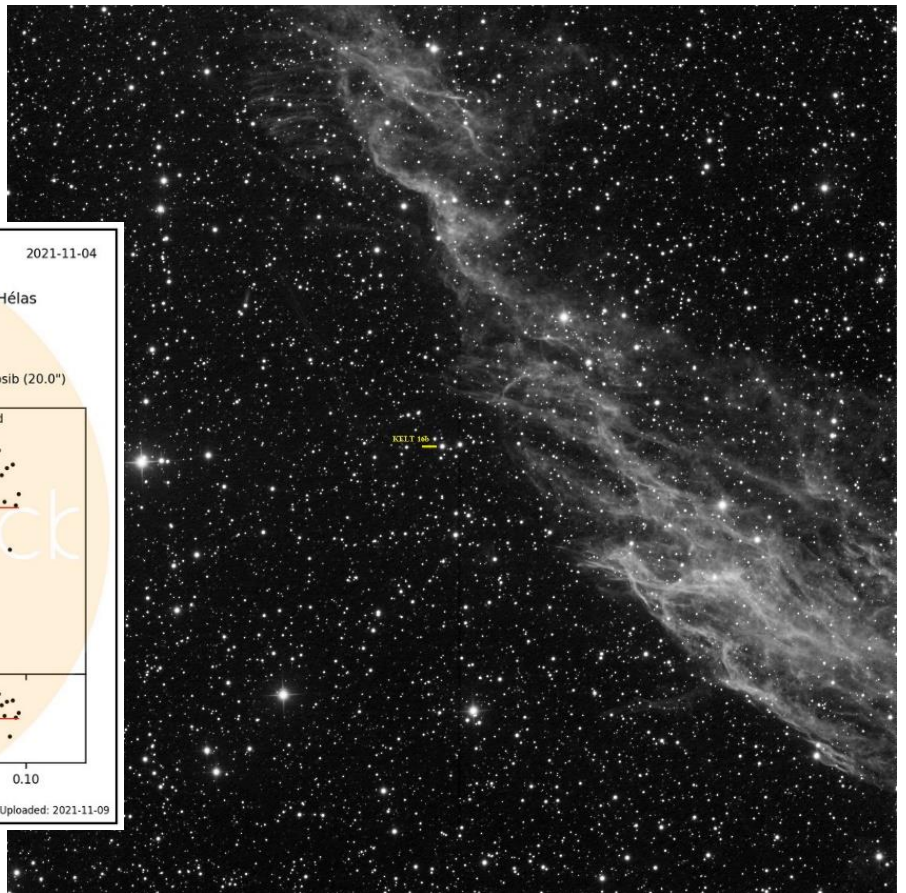
4.2. Transit d'Exoplanète

La programme prévoyait la réalisation de plusieurs courbes de transit d'exoplanètes pour alimenter la base de données du projet Pro/Am Exoclock : <https://www.exoworldsspies.com/fr/>

Une seule courbe a pu être obtenue en raison des conditions météorologiques. La cible retenue a été **KELT-16b** :

Planet	Etoile		Transit		Heures d'observations [UTC+0.0] et position de la cible				
	RA/DEC J2000	R _{mag} mag	Profondeur mmag	Durée heures	1h avant premier contact	Début du transit	Mi-transit	Fin du transit	1h après le quatrième contact
KELT-16b LOW PRIORITY Toutes les observations de KELT-16b	20:57:04.4386 +31:39:39.629	11.601	14.77	2.49	2021/11/04 19:37 62° O	2021/11/04 20:37 52° O	2021/11/04 21:52 39° O	2021/11/04 23:06 26° O	2021/11/05 00:06 16° NO

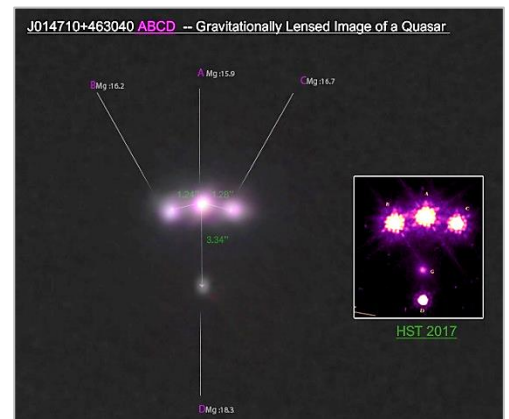
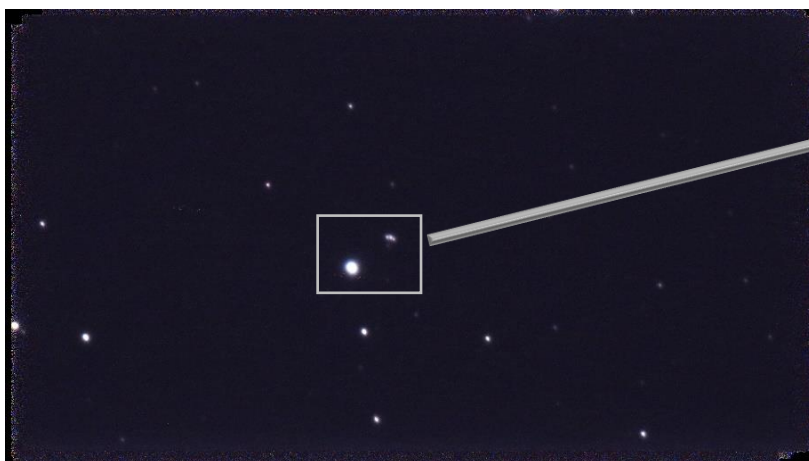
Les acquisitions ont été réalisées avec le T500-1 équipé de la Sbig STL et d'un filtre R (normal). 136 poses de 120s ont permis de réaliser la courbe ci-dessous publiée sur le site d'Exoclock. Le traitement des données a été réalisé avec le logiciel [HOPS V3.0.5](#).



La dispersion non négligeable des points est en partie due à la turbulence non négligeable. La FWHM moyenne observée sur les images oscille autour de 2,5". Cette dispersion s'est accentuée en fin de transit par la très faible hauteur de l'astre : 16° !

4.3. J014709+463037 (Le parachute d'Andromède)

L'objectif de cette cible était de se perfectionner dans la technique du Lucky Imaging en réalisant une image en Haute Résolution de cette quadruple lentille gravitationnelle d'un Quasar de redshift $z = 2.377$. Malgré un seeing défavorable pour ce genre de manipulation, nous n'avons pu résister à l'envie de réaliser une vidéo (600 images de 1s). L'acquisition a été réalisée avec le T500-2 et une camera ZWO ASI 462 sans filtre. L'image finale est l'addition de 100 images brutes d'une seconde sans prétraitement.



Les trois images principales du Quasar (magnitudes 16,2/15,9/16,7) séparées les unes des autres de moins de 1,3" sont bien identifiables et la quatrième (magnitude 18,3) commence à apparaître. À refaire dans de meilleurs conditions...

Article intéressant sur le sujet :

Andromeda's parachute : a bright quadruply lensed quasar at $z = 2.377$
<https://arxiv.org/pdf/1707.05873.pdf%22><https://arxiv.org/pdf/1707.05873.pdf>/URL

4.4. Calcul de la distance d'Uranus à l'opposition

Cette manipulation consiste à profiter de la situation particulière de l'opposition d'Uranus pour calculer simplement sa distance. Il suffit de réaliser deux photos d'Uranus, dans le champ étoilé, espacées de quelques jours. Les mesures de l'écart angulaire de sa position dans le champ étoilé et de la durée écoulée entre les deux clichés permettent de calculer sa distance. (Le principe détaillé de la méthode utilisée est donné en annexe)

L'objectif initial était de faire des images chaque soir pour une meilleure précision, mais nous n'avons pu réaliser que deux clichés espacés de moins de 24h ! L'astrométrie a été réalisée avec le logiciel Prism. La taille d'Uranus étant trop importante sur les clichés, sa position a dû être déterminée avec la souris, limitant de fait la précision des mesures !

Images réalisées avec le T500-1, Sbig STL et filtre R. (échantillonnage de 0,71")

Image 1 : le 3/11/2021 à 23h 03' 49" ; position d'Uranus 2h 40' 50" ($\pm 4''$) et +15° 10' 24" ($\pm 4''$)

Image 2 : le 4/11/2021 à 18h 33' 35" ; position d'Uranus 2h 40' 42" ($\pm 4''$) et +15° 10' 47" ($\pm 4''$)

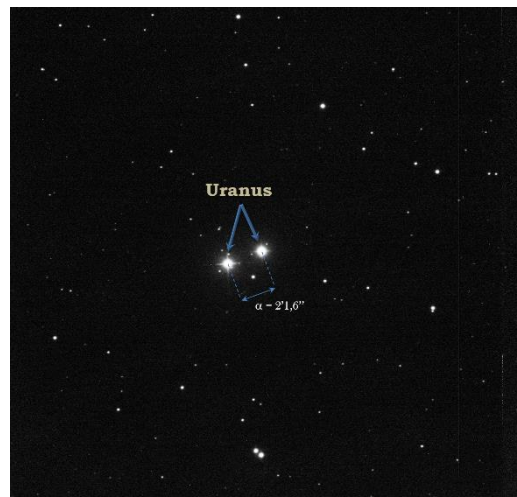
L'écart angulaire peut être calculé à partir des positions ou par mesure directe avec le logiciel Prism sur l'image où se superposent les deux positions d'Uranus (image ci-contre). Les deux méthodes donnent des résultats très semblables : $\alpha = 2'1,6''$ ($\pm 4''$)

L'écart temporel entre les images donne : $\Delta t = 19h 29' 46''$

La valeur calculée pour la distance d'Uranus est : $d_{Uranus} = 2,89.10^9 km$

La valeur théorique étant de $2,80.10^9 km$ à cette date, l'erreur relative sur cette mesure est de 3%. Compte tenu du faible écart de temps entre les deux images et du faible écart angulaire mesuré (augmentant l'incertitude), le résultat obtenu nous satisfait pleinement !

Une simulation de type Monte Carlo réalisée avec un programme Python, nous a permis de montrer que pour une incertitude $u(\Delta t) = 1'$ sur la valeur de Δt , une incertitude $u(\alpha) = 4''$ sur la valeur de α et 1 million de valeurs calculées, on obtient une valeur moyenne de la distance d'Uranus $\bar{d}_{Uranus} = 2,892.10^9 km$ avec un écart type $\sigma = 1,05.10^8 km$, soit une incertitude sur la valeur de la distance d'Uranus de 3,6%, en accord avec notre mesure.



4.5. Images du ciel profond

Les images du ciel profond ont été réalisées avec le T500-1. Son utilisation a été optimisée au maximum avec des poses réalisées dès que le ciel, suffisamment sombre, se dégageait et quelles que soient les conditions de seeing (qui ne se sont d'ailleurs jamais montrées exceptionnelles).

M74



Poses : L (20 x 600s en binning 1) ; RB (6 x 600s en binning 2) ; réalisation d'un V synthétique
Prétraitement : Prism
Traitement : Siril, Photoshop et Astrosurface

NGC 891



Poses : L (23 x 600s en binning 1) et RVB (6 x 600s en binning 2)
Prétraitement : Prism
Traitement : Siril, Photoshop et Astrosurface

4.6. Observation visuelle

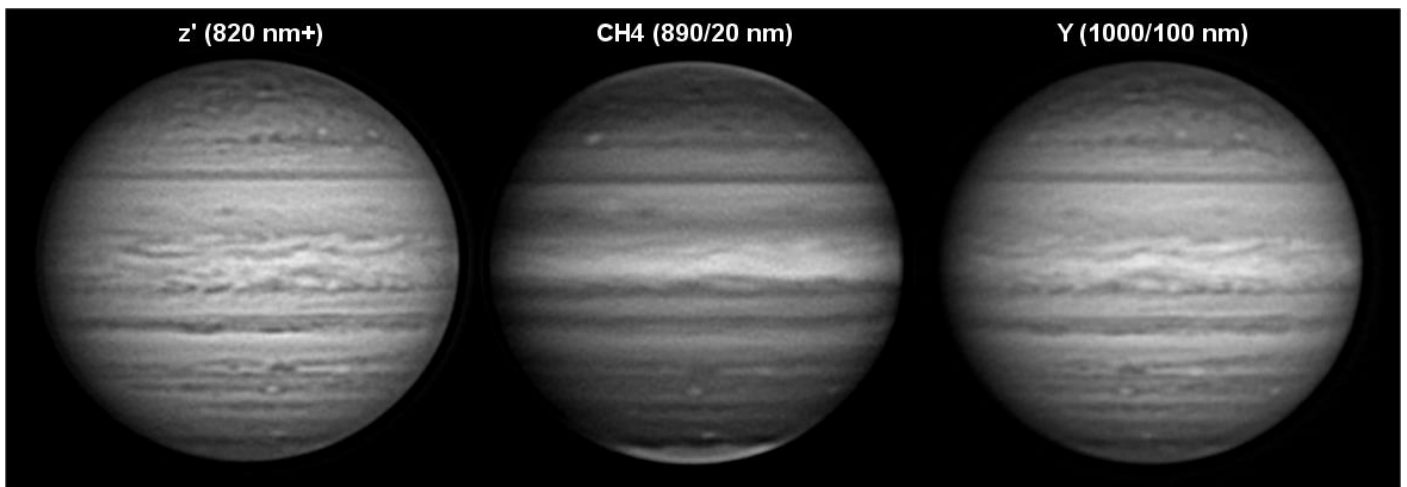
Le programme d'observation en visuel au T62 a pu être mené sans soucis de fonctionnement.

D'autant plus que les trois premiers jours avec des nuits bouchées ont été mis à profit pour préparer un programme d'observation précis, adapté à la saison et à la mise en œuvre de la coupole : pour optimiser les mouvements du cimier et éviter les allers retours pénalisants en cours d'observation, nous avons préparé un fichier texte pour le logiciel de pilotage RV2 en mettant dans l'ordre chronologique les coordonnées des objets que nous souhaitions observer. En commençant par ceux qui allaient se coucher rapidement (Hercule, Dragon...) et en avançant vers l'Est au fur et à mesure de la nuit (Ecu, Lyre, Cygne, Pégase ...). Nous avons été aidés pour cela par des livres (Brunier, Gilmour, Ferrero) dans lesquels nous avons fait notre marché pour sélectionner les objets souhaités et saisir leurs coordonnées.

Et puis RV2 a fait le reste : en laissant le cimier quasiment en place vers le Sud il a suffi de laisser défiler le ciel en visant les objets sélectionnés en balayant le cimier de bas en haut. Au total nous avons pu visualiser une cinquantaine d'objets en deux nuits depuis Hercule en début de nuit jusqu'aux Chiens de chasse et à la Grande Ourse au petit matin. Pas mal de découvertes, et aussi une visualisation nouvelle dans les conditions d'un observatoire de montagne d'objets déjà visités par ailleurs. Deux nuits mémorables de contemplations et d'excitation...

4.7. Photographie planétaire

Le T500-2 était focalisé sur l'imagerie planétaire durant la mission. Jupiter a pu être photographié durant trois soirs de suite, mais jamais dans de bonnes conditions. Ci-dessous trois images prises au foyer du télescope dans les bandes infrarouge Sloan z' (continuum IR), méthane /890 (forte bande d'absorption) et Y (contenant une bande d'absorption CH4 moins intense à 1 micron).



Jupiter dans la soirée du 4 novembre, seule avec des conditions acceptables.

Les autres séances au crépuscule du 2 et du 5 novembre ont été réalisées dans des conditions exécrables, mais elles n'ont pas été inutiles pour autant car il a été possible ultérieurement de mesurer, grâce à la présence de certains galiléens dans le champ (Ganymède en particulier), l'albédo du globe de Jupiter dans la bande spectrale du filtre. La méthode utilisée (qui sera décrite ailleurs) consiste à retrouver la magnitude apparente de Ganymède à travers le filtre, en partant de son spectre d'albédo, transformé en spectre en flux, ce qui permet par photométrie différentielle de calculer la magnitude de Jupiter, et partant, son albédo. Les résultats obtenus retrouvent avec une grande exactitude ceux obtenus par Christophe avec sa propre instrumentation deux mois plus tôt dans son site habituel, ainsi qu'avec les références scientifiques disponibles :

- z' : albédo de 26%
- CH4 : albédo de 5,5%
- Y : albédo de 20%

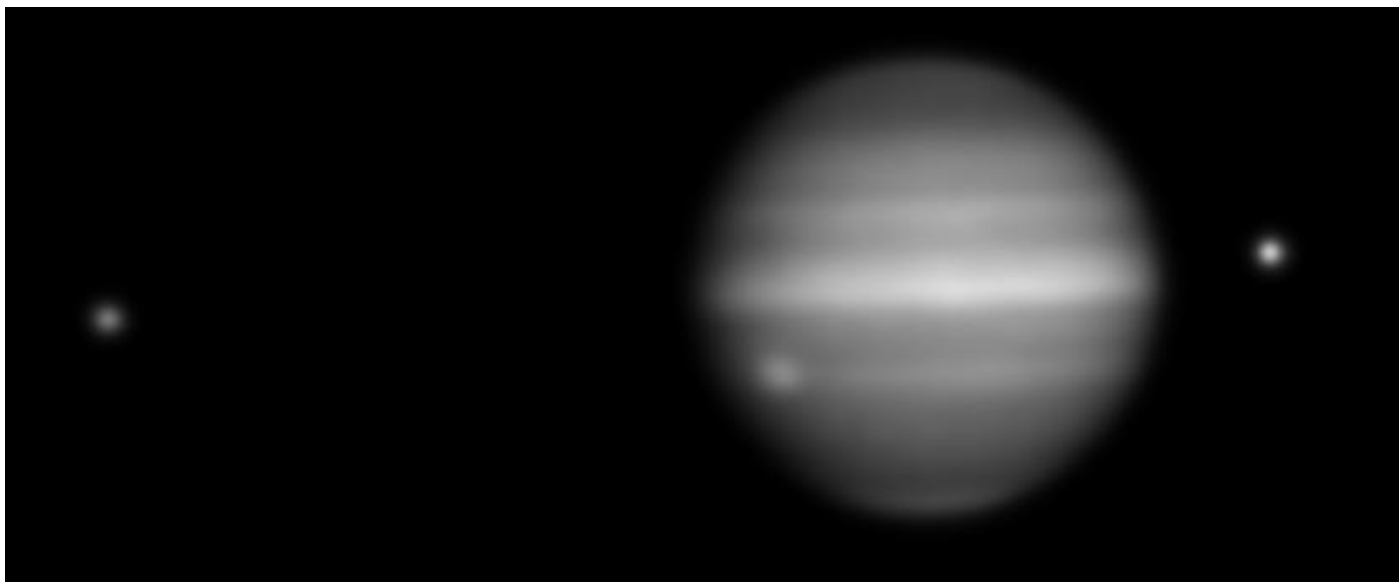


Image photométrique de Jupiter en bande méthane du 5 novembre 2021, avec Io à l'est et Ganymède à l'ouest.

Une nuit (du 4 au 5 novembre) a cependant offert un seeing suffisamment stable pour obtenir des images d'Uranus. Ci-dessous une prise au T500-2 équipé d'une barlow Siebert 1,5x, de l'ADC Pierro-Astro et du filtre Baader IR685 (avec la caméra ASI290MM). Sur cette image infrarouge, la planète montre sa région polaire nord brillante (due à un déficit en méthane), une pseudo-bande tempérée et trois satellites (en haut à gauche : Ariel, à droite : Miranda, en bas à gauche : Umbriel)



5. Suggestions

- L'achat de caméras planétaires permettrait de diversifier l'utilisation du T500-2 : *imagerie planétaire / lunaire HD* ainsi que *Lucky Imaging*.
- La roue à filtres de la Sbig STL du T500-1 n'est actuellement équipée que de filtres LRVB ce qui limite l'utilisation de ce télescope en imagerie. Compléter cette roue à filtres avec des filtres « bandes étroites » HSO permettrait d'élargir le champ des possibles.
- L'utilisation de la troisième caméra CCD n'est actuellement pas possible sur le T62, l'autoguidage de ce télescope ne pouvant pas être mis en œuvre. L'installation d'un diviseur optique du type Skymeca comme sur les T500 pourrait peut-être résoudre le problème malgré le fort rapport f/d.
- Les oculaires disponibles pour l'observation visuelle au T62 permettent un grossissement minimal d'environ 300 fois, ce qui est parfait pour beaucoup d'objets, mais qui laisse sur sa faim pour les objets étendus comme certaines nébuleuses. Un oculaire permettant un grossissement d'environ 100 fois permettrait de profiter pleinement de ce type d'objets.

6. Bilan

Compte tenu des conditions météorologiques défavorables, la moisson de résultats obtenus est très satisfaisante. Sans la redoutable efficacité de fonctionnement des télescopes et la non moins exceptionnelle disponibilité de Sébastien (responsable de site) nous n'aurions pu revenir avec autant de données. Nous tenons à remercier chaleureusement tous les bénévoles qui ont œuvré pour permettre un fonctionnement optimal de l'observatoire. Voir le T500-1 commencer ces acquisitions moins de dix minutes après l'ouverture du cimeter était tout simplement inimaginable un an auparavant !

Annexe

Mesure de la distance d'Uranus à l'opposition

Une planète est dite à « l'opposition » lorsqu'elle est située à l'opposé du Soleil par rapport à la Terre. Ces trois corps sont ainsi alignés dans l'ordre : Soleil, Terre, Planète. Une première photo a été réalisée un jour avant l'opposition, puis une autre le jour de l'opposition. Elles ont ensuite été superposées pour donner l'image ci-contre. Nous allons déterminer la distance Soleil - Uranus le jour de son opposition grâce à cette image !

Écart angulaire entre les deux positions d'Uranus :

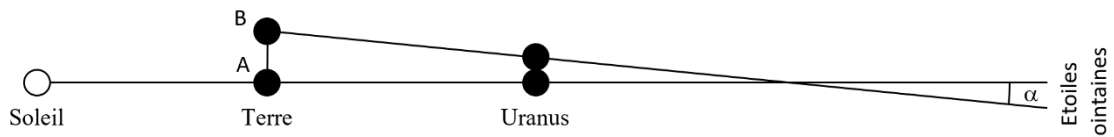
$$\alpha = 2'1,6'' (\pm 5'')$$

Écart temporel entre les images donne :

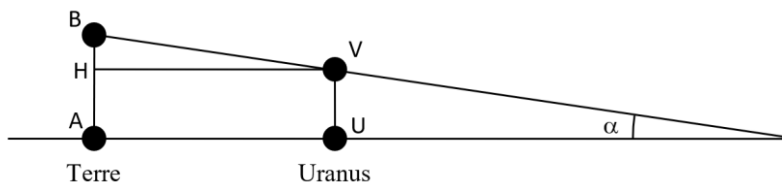
$$\Delta t = 19h 29' 46''$$



Comme Uranus est à l'opposition lors du premier cliché, la figure ci-dessous, représente le déplacement de la Terre et d'Uranus par rapport au Soleil :



En agrandissant une partie de la figure et en traçant la parallèle à (AU) passant par V, on obtient la figure suivante :



On appelle T_U et T_T les périodes de révolution d'Uranus et de la Terre et r_T et a les distance de la Terre et d'Uranus au Soleil. Avec T_U en année et r_T en unité astronomique (1 U. A = distance Terre - Soleil = $150 \cdot 10^6$ km).

Si on suppose que son orbite est circulaire. D'après la loi de Kepler :

$$\frac{T_U^2}{a^3} = \frac{T_T^2}{r_T^3} = \frac{1}{1} \quad \text{avec les unités choisies, donc : } \boxed{T_U = a\sqrt{a}}$$

Uranus parcourt une distance de $2\pi a$ pendant une période T_U . La distance UV qu'elle parcourt pendant t_a vaut :

$$UV = \frac{2\pi a}{T_U} t_a = \frac{2\pi a}{a\sqrt{a}} t_a = \boxed{\frac{2\pi t_a}{\sqrt{a}}}$$

Pour la Terre : $AB = \frac{2\pi r_T}{T_T} t_a = \boxed{2\pi t_a}$ d'après les unités choisies.

$$\text{calcul de BH : } BH = AB - UV = 2\pi t_a - \frac{2\pi t_a}{\sqrt{a}} = \boxed{\frac{2\pi t_a(\sqrt{a} - 1)}{\sqrt{a}}}$$

La distance Soleil - Uranus étant a , on a : $HV = a - 1$

$$\alpha \approx \tan \alpha = \frac{BH}{HV} = \frac{\frac{2\pi t_a(\sqrt{a} - 1)}{\sqrt{a}}}{a - 1} = \frac{2\pi t_a(\sqrt{a} - 1)}{\sqrt{a}(a - 1)} = \frac{2\pi t_a(\sqrt{a} - 1)}{\sqrt{a}(\sqrt{a} - 1)(\sqrt{a} + 1)} = \frac{2\pi t_a}{\sqrt{a}(\sqrt{a} + 1)} \quad \text{soit : } \boxed{\sqrt{a}(\sqrt{a} + 1) = \frac{2\pi t_a}{\alpha}}$$

En prenant comme changement de variable $x = \sqrt{a}$: $\boxed{x^2 + x = \frac{2\pi t_a}{\alpha}}$ avec t_a en années, α en radians et a en UA ($x = \sqrt{a}$)

La solution x de l'équation du second degré précédente permet de déterminer la valeur a (distance d'Uranus au Soleil).