

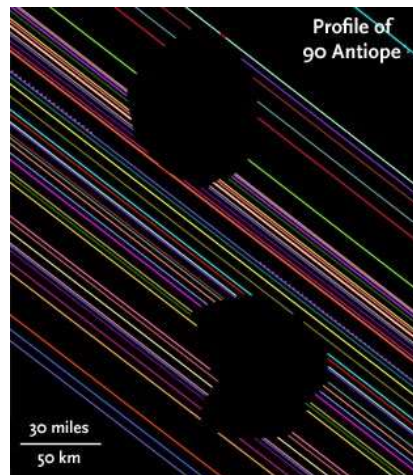
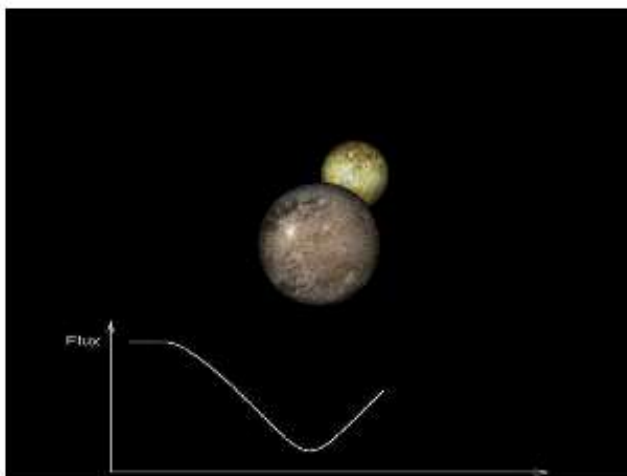
Une **intro** aux

Jeux de Cache-Cache Astronomiques

Guide V1.5 au Centre d'Astronomie JM Salomon



Occultations, Eclipses, Phe-Mus, Phe-Sats, Transits d'Exoplanètes, ...



Relecture constructives

V 1.5 (Mars 2019): Marc Serrau, Stéphane Neveu, Pierre Barroy

V 1.4 : Michael Irzyk, Didier Lanoiselée, Jean-Michel Vienney, Laurent Daverio

V 1.3 : Jean-Michel Vienney, Anica Lekic, Pierre Barroy

V 1.2 : Bruno Dauchet, Michael Irzyk, Olivier Désormières, Pierre Barroy

V 1.1 : Jean-Charles Le Tarnec, Héloïse Méheut, Pierre Barroy

V 1.0 (2010) : Pierre Barroy, Romain Montaignut

1. Introduction
 - a. Les jeux de cache-cache astronomiques
 - b. Le Télescope JM Salomon
2. Prise en main rapide
3. Procédure détaillée
 - a. Choix de la « cible »
 - b. Conditions d'observation et matériel
 - c. Prise de vues
 - d. Traitement
 - e. Création des Courbes de Luminosité
 - f. Exploitations/Diffusion des données
4. Conclusion

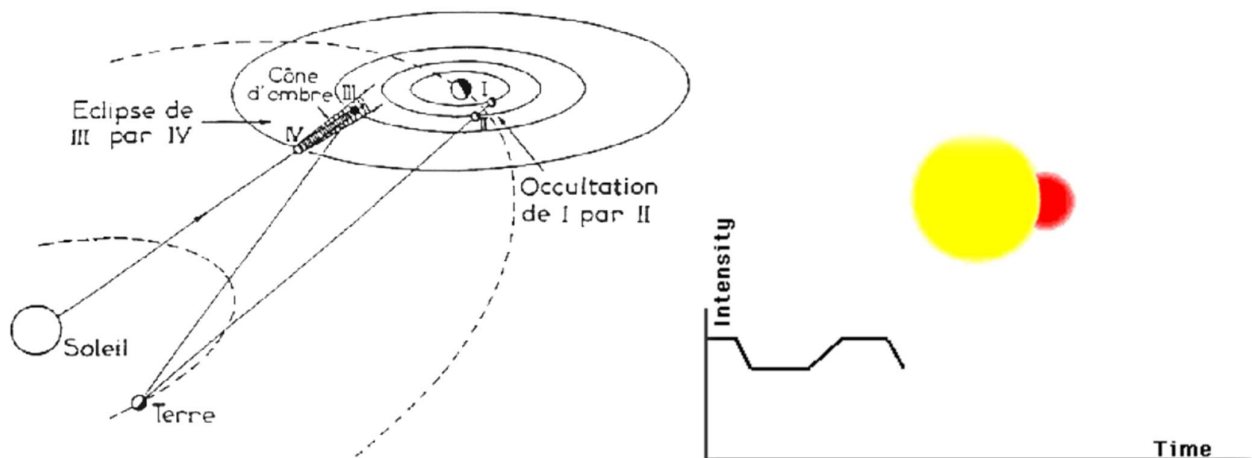
1. Introduction

a. Les jeux de cache-cache

Occultations, Eclipses, Phe-Mus, Phe-Sats, ou Transits d'exoplanète sont tous de grands jeux de cache-cache dans l'univers... Il s'agit dans tous les cas de problèmes de projections, d'ombrages. En général d'une étoile ... Dans chacun de ces cas, c'est un **problème de photométrie, c'est-à-dire, ici, de mesure de la valeur de l'intensité lumineuse, au cours du temps.**

Dans le cas des occultations, on parle d'**occultation partielle** si seulement une partie de l'objet occulté est ainsi caché. Le terme **occultation rasante** est aussi utilisé lorsque le bord/relief d'un objet est en jeu. Les occultations rasantes sont surtout faites avec la Lune, mais aussi éventuellement des planètes du système solaire. Les observations d'occultations rasantes ont permis de découvrir des étoiles doubles serrées, avec des séparations aussi petites que 0.01" (De telles étoiles doubles sont trop serrées pour être décelées avec les méthodes visuelles classiques mais trop écartées pour être découvertes par spectroscopie) (voir par exemple <http://www.astrosurf.com/luxorion/occultations-appulses.htm>).

On appelle Phe-Mus, des **Phénomènes mutuel** des satellites galiléens de la planète Jupiter, c'est-à-dire occultations & éclipses vues de la Terre entre les satellites galiléens que sont Io, Europe, Ganymède et Callisto.



Crédit : D. T. Vu/IMCCE
Le système jovien pendant les phénomènes mutuels

A mutual occultation: the photometric signal

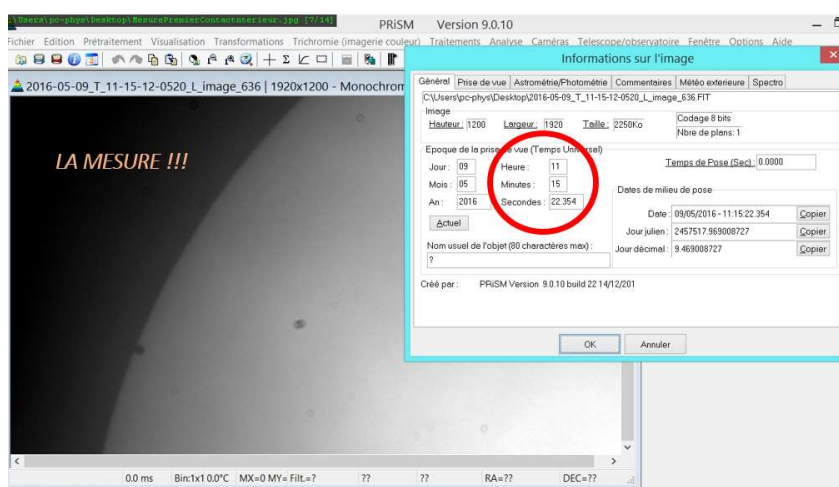
Pour **Jupiter**, ces phénomènes surviennent à peu près tous les six ans et s'étalent sur environ douze mois, lorsque le plan de la trajectoire des satellites galiléens contient le rayon Jupiter-Soleil (ce qui signifie que Jupiter est en

position d'équinoxe). La dernière vague de **Phé-Mus** était en 2015, la prochaine en 2021.

On appelle **Phe-Sats** les mêmes phénomènes pour les satellites de **Saturne**.

Dans le cas des **exoplanètes**, pour les astronomes amateurs, c'est actuellement la **confirmation de l'existence d'exoplanètes** qui est possible par photométrie. Des découvertes par des méthodes spectroscopiques sont validées par la mesure du transit de l'exoplanète devant une étoile : ce transit fait très légèrement chuter le flux lumineux de cette étoile. (La détection directe par imagerie n'est que difficilement possible aux plus grands télescopes professionnels (e.g. <http://proceedings.spiedigitallibrary.org/proceeding.aspx?articleid=789676>)

Dans tous ces jeux de cache-cache, un paramètre-clef est la variable **TEMPS** qui permet de comparer des observations de différents observateurs/observatoires.



Ci-dessus Exemple du transit de transit de Mercure devant le Soleil (mesure du 1^{er} contact intérieur le 9 mai 2016 (avec l'association Repères Astronomie à Rouvroy-Les-Merles, via un Schmidt-Cassegrain 305mm F/D 10 + inserteur temps Timebox + caméra Bassler aca 1929-155µm + Genika Trigger) ; le temps précisément mesuré peut-être comparé à celui mesuré en différents endroits sur Terre, ce qui permet de comparer les modèles théoriques)

Tous ces jeux de cache-cache sont des jeux de photométrie. Il existe différentes formes de photométrie. La photométrie absolue est la + compliquée, car elle nécessite des prises de vue avec des systèmes très bien caractérisés et aussi des étalons très fiables (autant du point de vue astronomique que

technique). Les photométries les + classiques utilisées en astronomie amateur sont:

- **Photométrie d'ouverture** (Eng = 'Aperture Photometry'):
 - C'est le calcul du flux d'une source en sommant les valeurs d'une sous-image contenant la source (ou sources) et en soustrayant le fond de ciel estimé d'une autre sous-image (excluant la source)
 - Très bon résultats si *faible densité d'étoiles*
 - Facile et rapide
 - Indépendant de modèle

Cette photométrie peut être aussi différentielle, lorsqu'elle correspond à la différence de flux mesurée entre 2 objets.

- **Modélisation de la fonction d'étalement de Point** ('Point Spread Function PSF') :
 - C'est le calcul du flux d'une source en modélisant la forme supposée de la fonction d'étalement du point
 - Bon résultats si *forte densité d'étoiles* (amas, centre galactique, binaires) dans le champ
 - Le modèle classique est une bi-Gaussienne sur une forme circulaire ou elliptique, mais d'autres modèles existent comme Moffat, etc... => inconvénient : très modèle dépendant et peu adapté aux formes atypiques de PSF

b. Le Télescope JM Salomon

Ce télescope est celui pour lequel se focalise cette procédure. Géré par Planète Sciences, ce télescope est constamment en évolution progressive de par le travail de son Groupe Support Technique. Les missionnaires sont encouragés, en amont de toute manipe un peu pointue à vérifier la présence au moment prévu de ce qui sera nécessaire à une réussite de la mission...

2. Prise en main rapide, rappels besoins

Pour capturer tous ces phénomènes précédemment cités, il faut :

- un **Télescope qui suit & pointe** suffisamment précisément (sur la durée observée)
- une **Base de temps** fiable, précise (dans le domaine de précision et fiabilité demandé par la manipe en particulier)
- une **Caméra d'acquisition**, capteur qui acquiert une image de l'objet d'intérêt qui doit être non-saturée mais pas trop bruitée

3. Procédure détaillée

a. Choix de la « cible »

Pour vos prédictions, il vous faudra savoir que le Centre d'Astronomie JM Salomon (code international IAU 199) a pour coordonnées

Longitude 2°26'16,9" EST / Latitude 48°17'30,4" NORD / Altitude 92m+/-2m

Selon le capteur (vitesse de détection et de transfert des images...), selon sa base temps, différents phénomènes sont accessibles.

La durée typiques des phénomènes va aussi compter, e.g. pour **Exoplanète quelques heures et PheMus de quelques minutes à quelques centaines de minutes ... avec des précisions variables attendues sur les prises de mesures...** pour les PheMus, une précision inférieure à 0,1 s est souvent nécessaire. Pour prévoir le phénomène à observer à partir des bases de données professionnelles ou amateurs, voici quelques exemples de sources d'infos:

QOCS : Quoi Observer Ce Soir de David Romeuf incluant Buthiers

<http://www.david-romeuf.fr/QuoiObserverCeSoir/EphemeridesAstronomiques.html>

exemple:

The screenshot shows a web browser displaying the website www.david-romeuf.fr/cgi-bin/EphemeridesAstronomiques/EphemeridesAstronomiques. The page contains several lists of astronomical objects for observation:

- Liste des Planètes à observer : Mars (contaminés, calottes glaciaires, tempête de sable)
- Liste des Galaxies à observer : M 81, M 101, M 94, M 106, M 82, M 51, M 63, NGC 2903, M 66, M 96, NGC 2841, M 105, M 65, NGC 4449, NGC 5195, M 95, NGC 4214, NGC 3184, M 109, NGC 4125, NGC 4490, NGC 5005, NGC 3077, NGC 2768, NGC 3344, NGC 3384, NGC 3607, NGC 5322, NGC 2784, M 108
- Liste des Nébuleuses planétaires à observer : M 97, IC 3568
- Liste des Amas globulaires à observer :
- Liste des Nébuleuses diffuses à observer :
- Liste des Amas (ouverts, galactiques et avec nébulosité) à observer :
- Liste des Astéroïdes les plus lumineux à observer : (532) Herculina (V=9.8), (349) Dembowska (V=10.8), (17) Thetis (V=10.9), (385) Ilmatar (V=11.1), (64) Angelina (V=11.1), (111) Ate (V=11.5), (129) Antigone (V=11.5), 2010 LG61 (V=11.5), (451) Patientia (V=11.6), (259) Aletheia (V=11.9), (337) Devosa (V=11.9), (326) Tamara (V=12.0), (48) Doris (V=12.2), (488) Kreusa (V=12.2), (110) Lydia (V=12.2), (185) Eunike (V=12.3), (478) Tergeste (V=12.3), (53) Kalypso (V=12.4), (92) Undina (V=12.4), (161) Athor (V=12.4), (117) Lomia (V=12.4), (134) Sophrosyne (V=12.4), (59) Elpis (V=12.4), (85) Io (V=12.5), (772) Tanete (V=12.5), (211) Isolda (V=12.6), (42) Isis (V=12.7), (138) Tolosa (V=12.7), (151) Abundantia (V=12.7), (737) Arequipa (V=12.8)
- Liste des Astéroïdes les plus rapides à observer : (326) Tamara (μ=22.6"/h), (787) Moskva (μ=16.0"/h), (161) Athor (μ=15.8"/h), (737) Arequipa (μ=15.1"/h), (772) Tanete (μ=14.9"/h), (185) Eunike (μ=14.5"/h), (1044) Teutonia (μ=14.4"/h), (626) Notburga (μ=14.3"/h), (1093) Freda (μ=13.9"/h), (134) Sophrosyne (μ=13.9"/h), (535) Montague (μ=13.7"/h), (291) Alice (μ=13.6"/h), (396) Aelia (μ=13.2"/h), (550) Senta (μ=13.2"/h), (17) Thetis (μ=13.1"/h), (197) Arete (μ=13.1"/h), (126) Velleda (μ=13.0"/h), (191) Kolga (μ=12.8"/h), (117) Lomia (μ=12.5"/h), (138) Tolosa (μ=12.4"/h), (377) Campania (μ=12.2"/h), (151) Abundantia (μ=12.2"/h), (259) Aletheia (μ=12.0"/h), (597) Bandusia (μ=12.0"/h), (478) Tergeste (μ=11.7"/h), (111) Ate (μ=11.7"/h), (546) Herodias (μ=11.7"/h), (1113) Katia (μ=11.3"/h), (337) Devosa (μ=11.2"/h), (59) Elpis (μ=11.2"/h)
- Liste des Astéroïdes de la liste critique à observer pour fournir des données astrométriques au M.P.C. :
- Liste des occultations d'astéroïdes à observer pour améliorer l'orbite et la forme : [euraster.net](http://www.euraster.net) le site de Eric Frappa.
- Liste des astéroïdes à observer pour connaître la nature du corps : [Cdr Cdr-Ephemerides](http://www.cdr-ephemerides.com) le site de Raoul Behrend.
- Liste des Comètes les plus lumineuses à observer : 123P/West-Hartley (V=13.1), C/2018 Y1 (Iwamoto) (V=14.8), C/2010 U3 (Boattini) (V=14.8), C/2018 W2 (Africano) (V=15.6), 59P/Kearns-Kwee (V=15.6), 60P/Tsuchinshan (V=15.9), P/2019 A3 (PANSTARRS) (V=16.0)
- Liste des Comètes les plus rapides à observer : C/2018 W2 (Africano) (μ=34.8"/h), P/2019 A3 (PANSTARRS) (μ=27.1"/h), 123P/West-Hartley (μ=12.3"/h), 59P/Kearns-Kwee (μ=12.1"/h), C/2010 U3 (Boattini) (μ=10.3"/h), 60P/Tsuchinshan (μ=5.0"/h), C/2018 Y1 (Iwamoto) (μ=1.8"/h)

Réseau **Euraster** (en anglais, réseau Européen des observateurs d'astéroïdes) :

<http://www.euraster.net/results/index.html>

Réseau **IOTA**, notamment European Section (en anglais): <http://www.iota-es.de/>

Occult Watcher : Un programme spécial permettant les prédictions a aussi été développé & peut être téléchargé gratuitement :

<http://www.occultwatcher.net/>

Pour les **PheMus/PheSat**, le mieux est de suivre les recommandations de l'Institut de Mécanique Céleste et de Calcul des Ephémérides IMCCE pour ses campagnes d'observations coordonnées, la prochaine en 2021...

<https://www.imcce.fr/recherche/campagnes-observations/phemus/phemu>

La hauteur de la cible est souvent à prendre en compte sur plusieurs heures pour planifier son observation. Aussi Staralt <http://catserver.ing.iac.es/staralt/> pour un calcul de la visibilité de l'objet et sa distance à la Lune pourrait être utile.

Dans la suite, on se focalise sur le cas des exoplanètes.

Pour prévoir le transit d'exoplanète à observer, on peut utiliser par exemple: <http://var2.astro.cz/ETD/predictions.php>

Il faut les coordonnées longitude/latitude de l'observatoire (code IAU 199) :

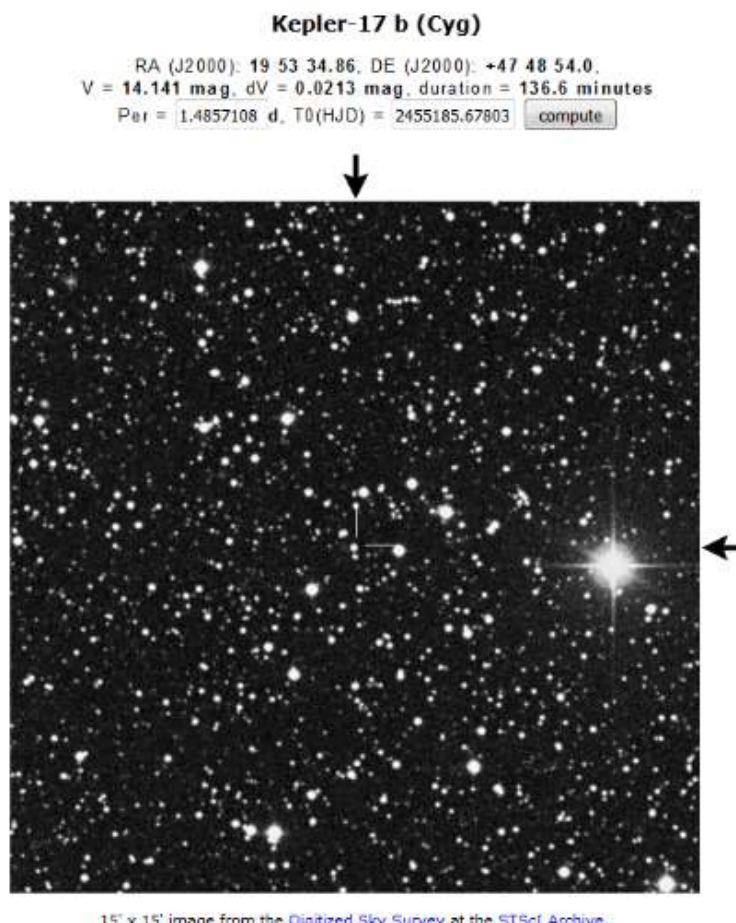
The screenshot shows the ETD - Exoplanet Transit Database website. The search interface includes fields for longitude and latitude, and a 'submit' button. Below the search fields, there are links for available predictions and a 'Show' button. The main table displays transit predictions for several exoplanets, including WASP-59 b, HAT-P-16 b, WASP-95 b, WASP-3 b, and Kelt-16 b. The table columns include OBJECT, BEGIN (UT/h,A), CENTER (DD.MM. UT/h,A), END (UT/h,A), D (min), V (MAG), DEPTH (MAG), and Elements Coords. The right sidebar contains social media links and a 'Current statistics' section.

OBJECT	BEGIN (UT/h,A)	CENTER (DD.MM. UT/h,A)	END (UT/h,A)	D (min)	V (MAG)	DEPTH (MAG)	Elements Coords
WASP-59 b	14:05 30°,NE	22.10. 15:19 46°,NE	16:32 60°,NE	146.88	13	0.0182	55830.95559+7.919585"E RA: 23 18 29.54 DE: +24 53 21.4
HAT-P-16 b	14:56 20°,NE	22.10. 16:28 35°,NE	18:00 47°,N	184	10.8	0.0101	55027.59293+2.77596"E RA: 00 38 17.59 DE: +42 27 47.2
WASP-95 b	15:49 38°,S	22.10. 17:12 40°,S	18:36 37°,S	167.04	10.1	0.0113	56338.45851+2.184673"E RA: 22 29 49.7 DE: -48 00 11.0
WASP-3 b	16:27 34°,NW	22.10. 17:35 21°,NW	18:44 7°,NW	137	10.64	0.0123	54143.8504+1.846835"E RA: 18 34 31.67 DE: +35 39 41.9
Kelt-16 b	17:05 54°,NW	22.10. 18:20 42°,NW	19:35 27°,NW	149.3	11.72	0.0124	57165.85179+0.9689951"E RA: 20 57 04.4 DE: +31 39 39.6

Avec le TJMS et le train optique actuel (FLI+correcteur ASA 0,95x+Roue à Filtres), on peut viser des magnitudes inférieures à 14 environ et des profondeurs de transit (Depth) de 10 à 20 mMAG.

Il est conseillé de télécharger & imprimer la carte du champ d'étoiles. Celle sur ETD ou par exemple avec Sinbad pour coller au plus près au champ prévu: <http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/>

Avec la CCD STT8300 : champ sur le ciel au TJMS : 31.3' x 24.3'
(taille d'un pixel : 5.4µm, échantillonnage au TJMS d'un pixel : 0.58")



b. Conditions d'observation et matériel

Il faut prévoir une bonne mise en température du télescope.

⇒ *Au CAJMS, arriver plusieurs heures avant la mesure prévue et ouvrir le cimier & basculer le panneau du haut.*

Il faut une bonne base de temps. Un temps GPS distribué au niveau des PC du TJMS est suffisant pour beaucoup de manipes, en particulier les transits d'exoplanètes. Cependant, si celle-ci est indisponible, selon la précision recherchée, une mise à l'heure du PC via Dimension 4 (<http://www.commentcamarche.net/download/telecharger-34056262-dimension-4>) est une 1^{ère} étape qui peut suffire mais un temps

GPS est aussi disponible, donnant accès à quelques 10aines de ms de précision.

Préparer la synchronisation pointage Télescope – PC dès que possible
(« Procédure Mauvais Temps » du guide du missionnaire, même s'il fait un Soleil de rêve !)

Si ceci ne fait pas l'objet de ce document, car cela est un pré-requis d'imagerie classique, il faut bien sûr prévoir un pré-traitement soigné des images (FLATs, DARKs, OFFSETs). Notamment et surtout le + délicat que sont les Plages de Lumière Uniforme (aussi appelées « PLU » ou « FLAT »). (note de P. Barroy : Les PLU me semblent généralement meilleures au petit matin, télescope plein Sud, arrêté. Les PLU sont généralement meilleures à ce moment parce que le train optique est encore focalisé, et qu'on est en général + « préparé » que le soir (moins de risque d'être surpris)... mais certains préfèrent le début de soirée !)

(voir http://www.prism-astro.com/fr/aide/Menu-Pretraitements/PRETRAIT-Creer_Master_Dark_Flat_Offset/index.html)

(+ éventuellement revoir : http://www.prism-astro.com/fr/aide/Tutorial/Traitements/Pretraitements_Base/index.html

et certains aimeront :

<http://www.jeandijon.com/bruit%20CCD.htm#Bruit%20et%20magnitude%20limite%20des%20images%20CCD>)

c. Prise de vues

Une fois votre cible choisie (mais Viser préférentiellement une cible un peu à l'Est, proche du méridien), il faut bien définir vos paramètres d'observation :

- position dans le ciel 1h (pour une exoplanète) **avant le transit**
- position dans le ciel au milieu du transit
- position dans le ciel 1h **après le transit**
- anticiper la magnitude de l'objet visé et la chute de magnitude : ajuster en fonction le temps de pose visé
- anticiper quelles seront les étoiles de référence qui serviront à la photométrie

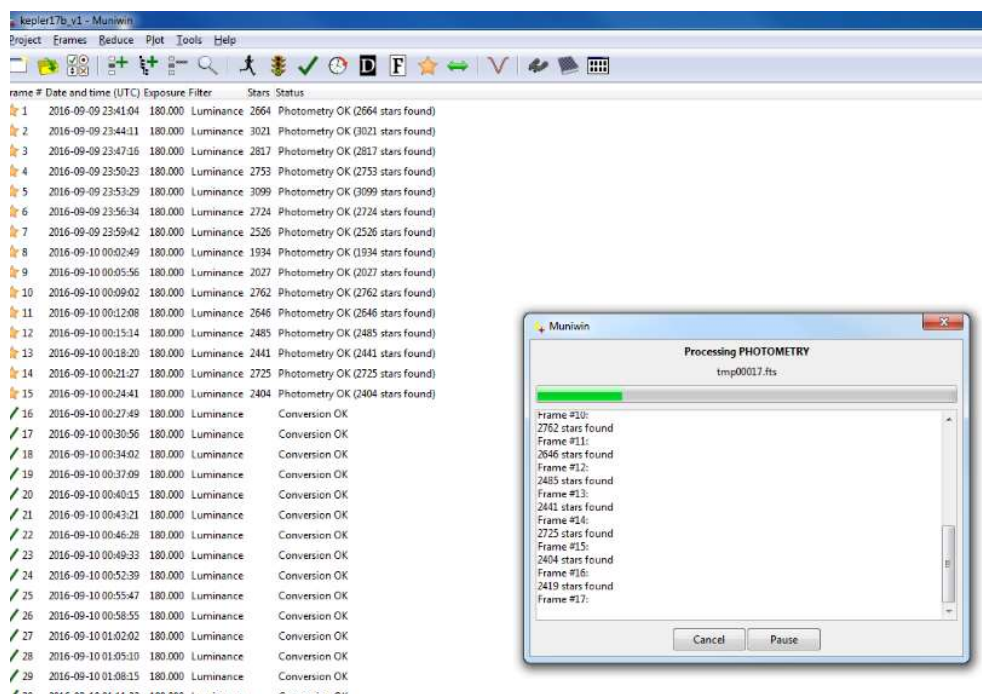
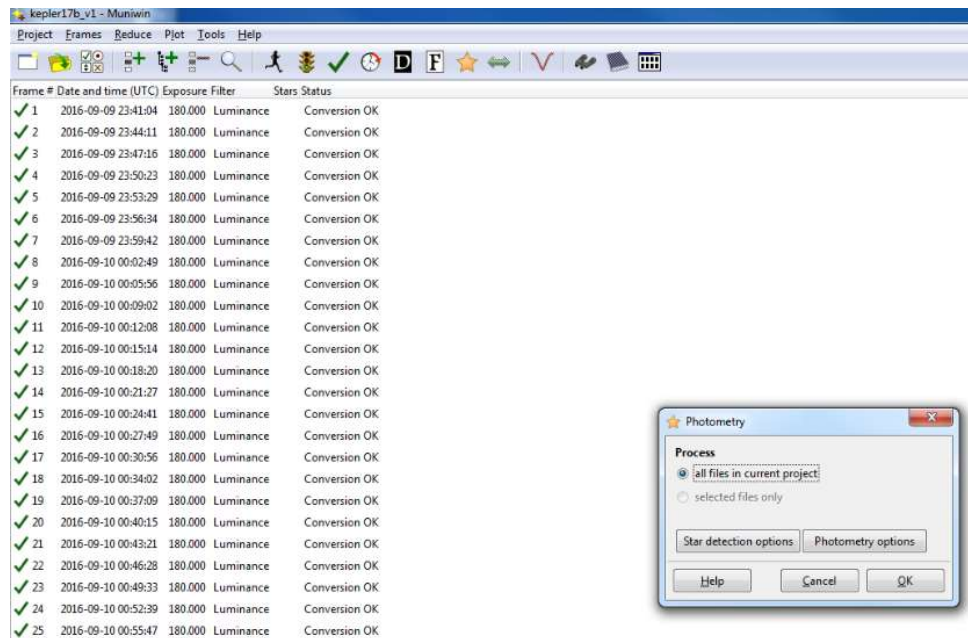
Attention : un 200mm (8 pouces) ne permet de mesurer que les transits d'exoplanètes les plus lumineux (jusqu'à magnitude 11 environ), le TJMS & ses 600mm jusqu'à magnitude 16 environ

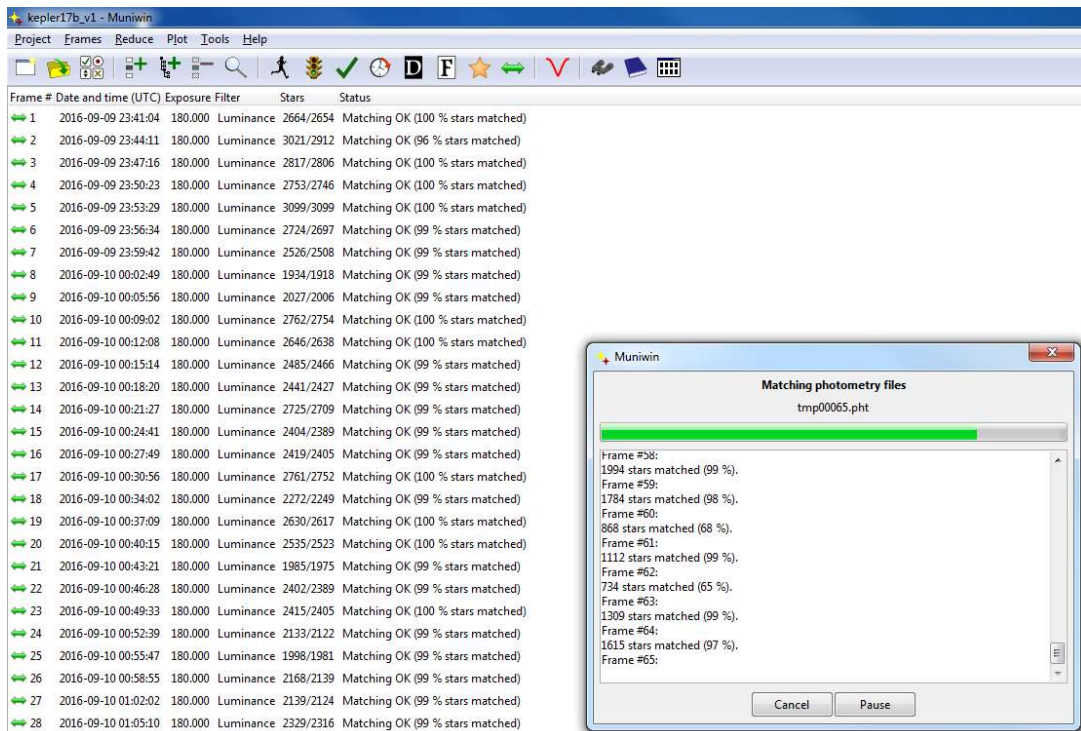
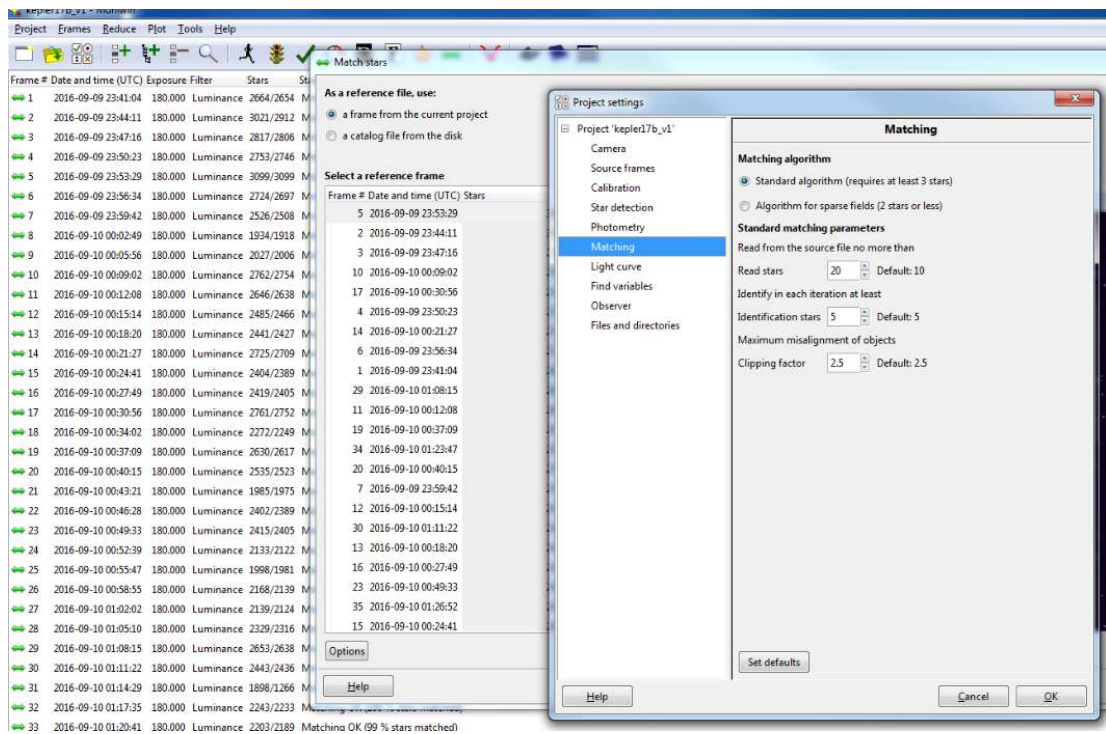
- Connaître le champ de la CCD (via Carte du ciel ou PRISM) et avoir une impression papier du champs à observer
- Bien repérer le champ, s'assurer qu'on est sur la bonne étoile, le bon objet... (Avoir calibré PRISM avec le champ du capteur et superposé/inséré l'image CCD aide grandement)
- Même si le suivi est bon, l'autoguidage est essentiel pour pouvoir réaliser des courbes de luminosité de qualité. L'autoguidage permet de rester sur le même pixel tout au long de la prise de vue et donc ne pas subir de différences de réponses (rendement quantique) d'un pixel à l'autre dûes à des mouvements
- **AU TJMS, le mieux est de ne pas utiliser de filtre** (= filtre CLEAR), éventuellement filtre Rouge (attention, évitez le filtre Luminance, vous perdriez du précieux flux lumineux sans amélioration de votre rapport S/B)
- Faire attention au compromis **Détectivité (Nombre d'ADU de la cible) / Binning / Vitesse de transfert de la caméra / Nombre de prises de vue nécessaires** dans la période de transit prévue
- Une 'loi empirique' est qu'avec un rapport S/B donné, la profondeur mesurable du transit est l'inverse en mmag (MilliMagnitude). Soit pour un S/N de 100, une mesure possible d'un transit de « profondeur » 0,01 mmag
- **Attention** à ne pas avoir trop ou pas assez d'ADU
 - ⇒ Si trop peu, le risque est de ne pas avoir assez de rapport Signal/Bruit pendant le transit
 - ⇒ Si trop d'ADU (65535 ADU pour caméra avec convertisseur ADC 16 bits), trop proche de la saturation, il y a risque qu'avec la réfraction atmosphérique, au cours de la nuit, l'étoile sature et donc il deviendra impossible de faire une photométrie correcte derrière...
 - ⇒ **Idéal** environ entre $\frac{1}{2}$ et les $\frac{2}{3}$ de la valeur max (soit entre 35000 et 43000 ADU pour caméra 16 bits)
- **Attention au temps de pose :**
 - ⇒ Suffisant ... pour limiter les effets de scintillation et obtenir un bon rapport signal/bruit (généralement > 60s)
 - ⇒ Mais pas trop ... pour éviter la saturation et atteindre une résolution temporelle suffisante (généralement < 300s)
- **Attention au temps de transfert des images:** il peut facilement être de plusieurs secondes, donc optimisez lorsque vous cherchez à capturer des phénomènes rapides

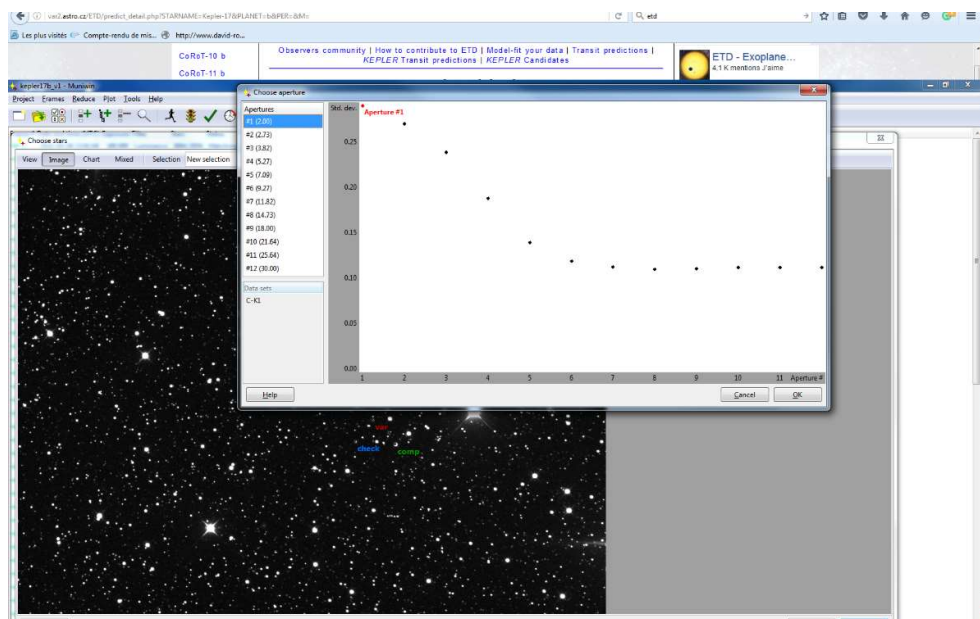
d. Traitement - création des Courbes de Luminosité

Faire un Pré-traitement classique (e.g. sous PRISM). Soigner ce pré-traitement (notamment Flats au petit matin, plein Sud à 45° sur ciel de lever de soleil conseillés...)

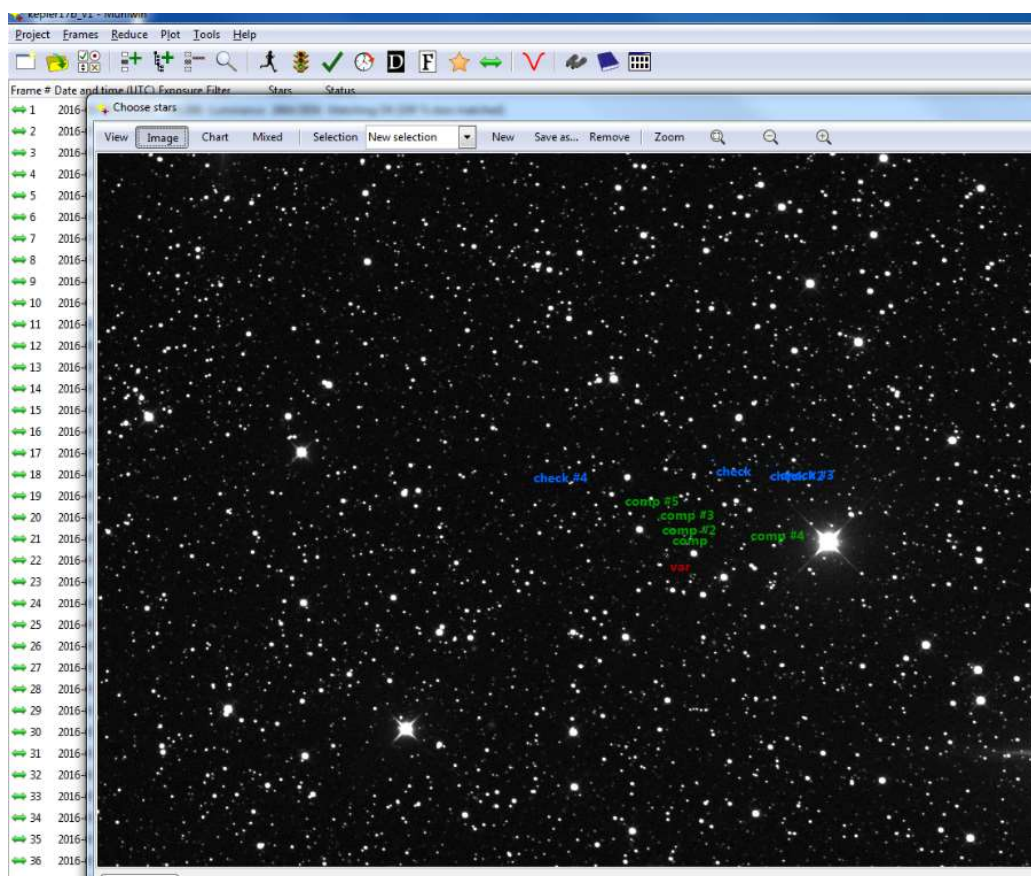
Puis vous pouvez utiliser MUNIWIN (<http://c-munipack.sourceforge.net/>), logiciel gratuit de photométrie conseillé.

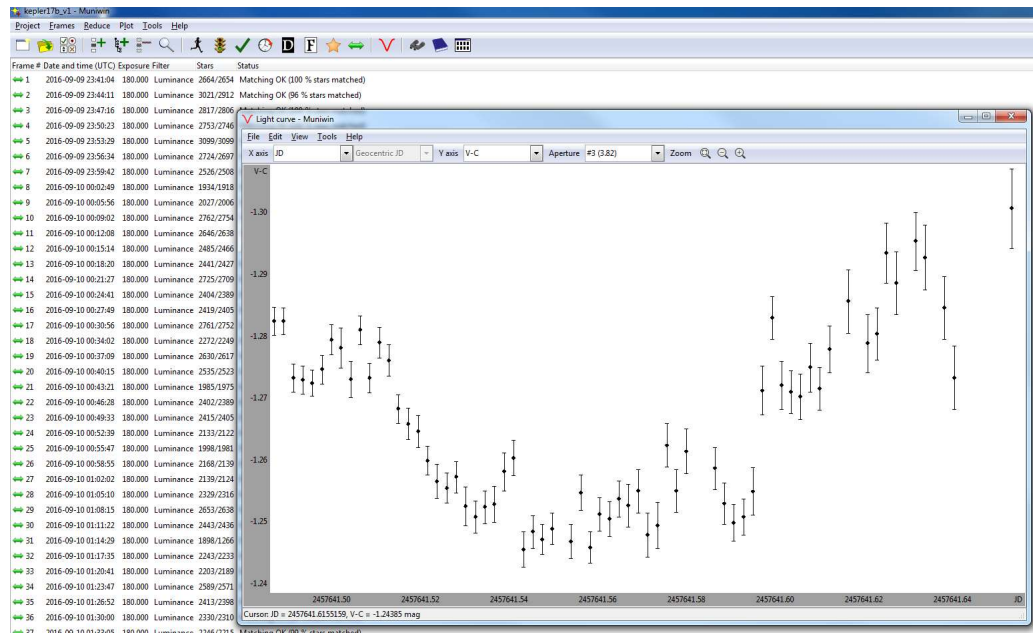




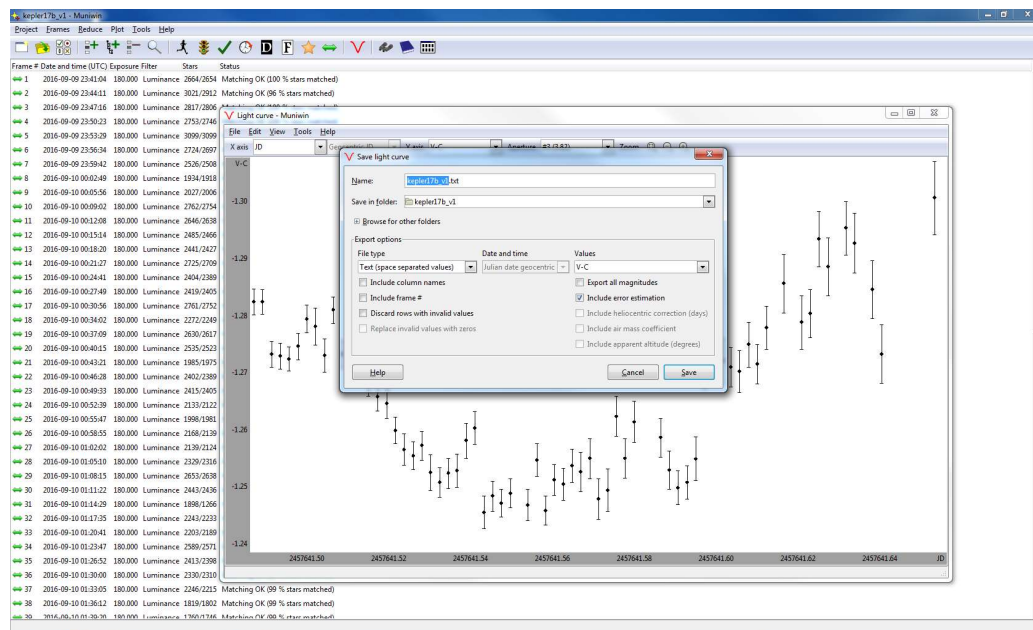


L'utilisation d'une étoile artificielle est recommandée pour la photométrie

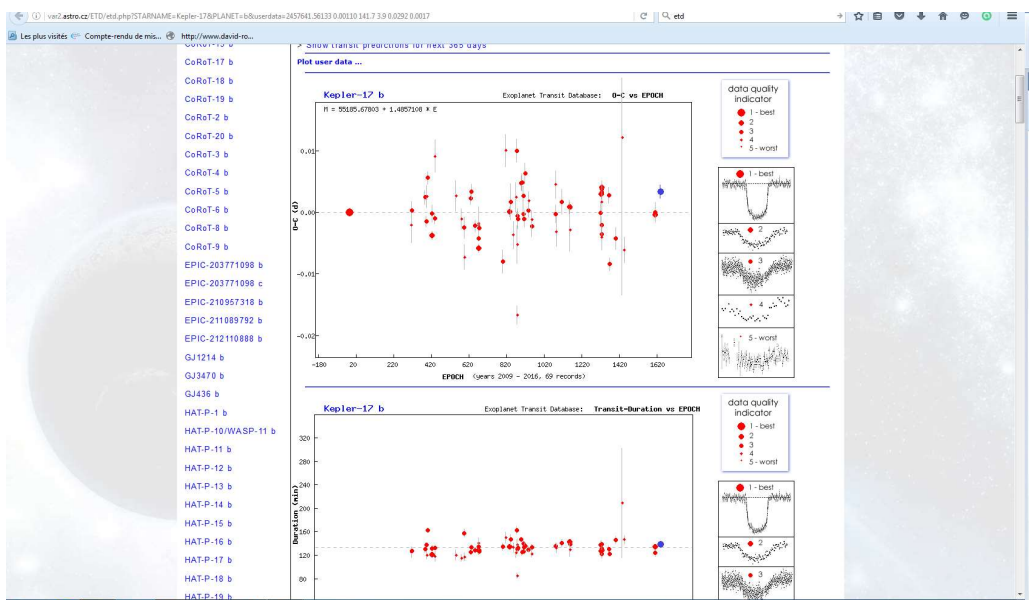




Attention à l'export format ETD :



Le fichier .txt résultat est soumis à ETD et il peut être comparé aux autres mesures soumises :



var2.astro.cz/tresca/transits.php?pozor=Planete+Sciences&submit=zobrazit... tresca etd

DATABÁZE & APLIKACE
 Univerzální vyhledávací brána
 Open European Journal on Variable stars
 O-C brána
 CzeV katalog
 SkvV katalog
 RaV katalog
 Světelné křivky & data MEDÚZA
 Známe zákrytové dvojhvězdy
 Statistické centrum
 Exoplanet Transit Database
 Linearita CCD kamer
 Fotometrie s DSLR

Perseus - ČASOPIS ON-LINE
 Archiv tištěných čísel

DOWNLOAD
 Začátečnickým
 RSS zdroje

O SEKCI PHE ČAS
 Výbor sekce
 Proměnlivé alce
 Výroční zprávy o činnosti
 Historie sekce
 Cena Jindřicha Šilhána "Proměnliv roku"
 Podmínky členství
 Příloška za člena
 Seznam členů

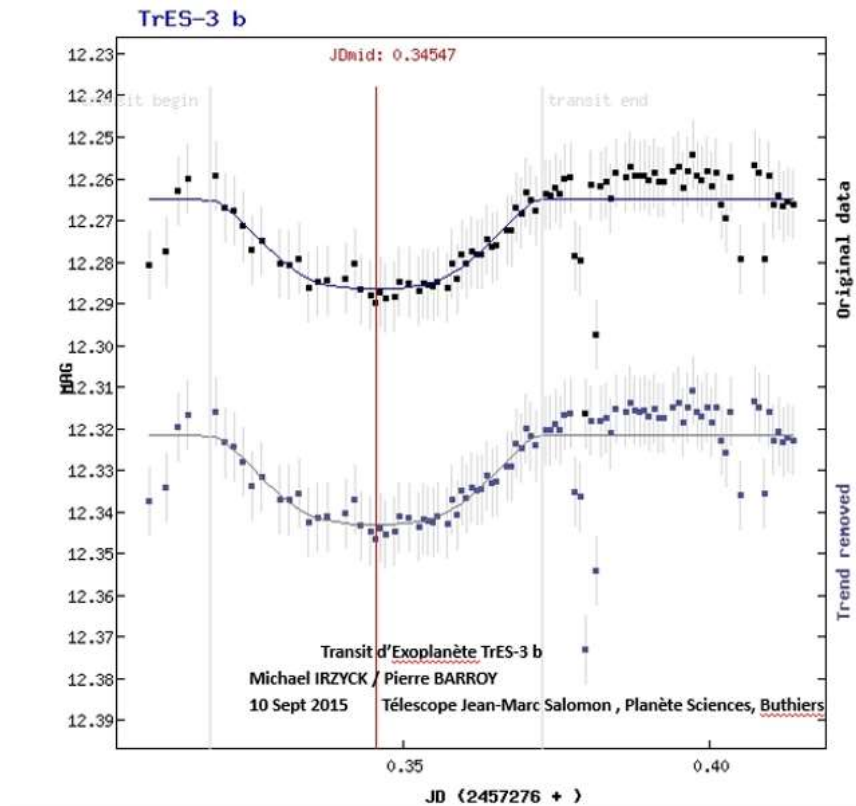
Filtrovat podle pozorovatele:
 Planete Sciences (2)

zobrazit...

#	HVĚZDA	FILTR	STŘED TRANZITU	KŘIVKA	POZOROVATEL, STANICE / VLOŽENO
2	TrES-5 b	Clear	2016-09-09 22:09:02 Ukaž v ETD		Planete Sciences Telescope JM Salomon Buthiers 2016-09-10
1	Kepler-17 b	Clear	2016-09-10 01:25:16 Ukaž v ETD		Planete Sciences Telescope JM Salomon Buthiers 2016-09-10

e. Exploitations/Diffusion des données

Retourner sur le site de l'ETD et publier votre résultat, en précisant toujours *Planète Sciences, Télescope Jean-Marc Salomon, Buthiers (IAU 199)* sur les images et courbes.



Quelques outils alternatifs possibles d'analyse des courbes de lumières :

TANGRA (Hristo Pavlov et al) www.hristopavlov.net/Tangra/Tangra.html

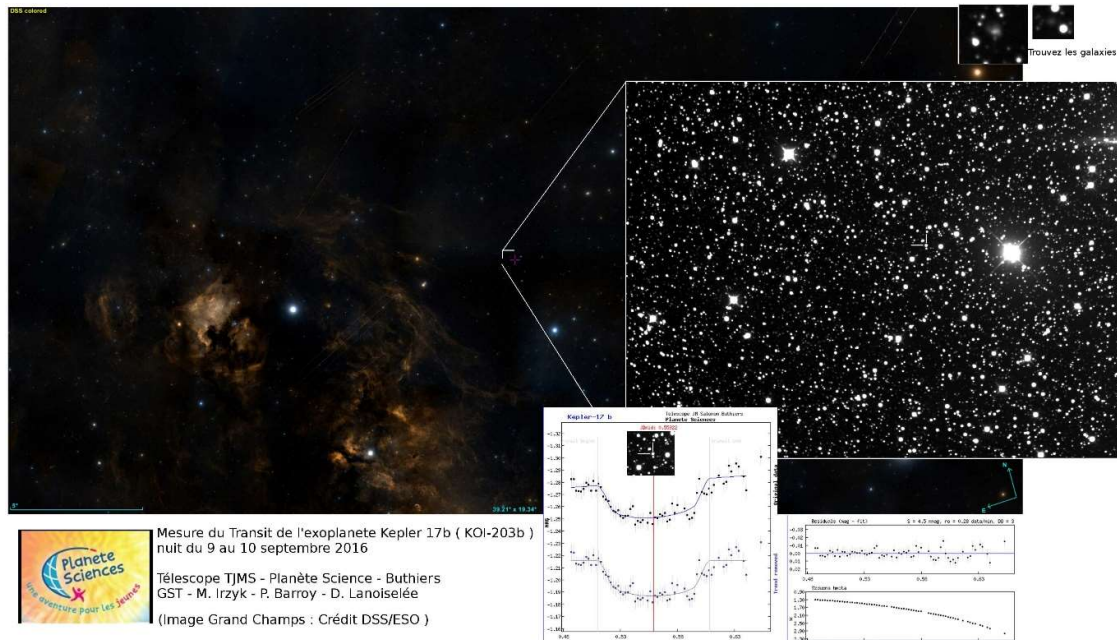
ASTROIMAGEJ (Karen Collins et al):
<https://www.astro.louisville.edu/software/astroimagej/>

CALAPHOT (CALA, Olivier Thizy, Jacques Michelet et al):
http://www.astrosurf.com/michelet/calaphot/html/group_calaphot_documentation_technique_fr.html
<http://romain-montaignut.fr/astronomie/calaphot>

f. Conclusion

Nous avons vu des jeux de cache-cache qui sont des défis amusants, collaboratifs et utiles ! Etant donné les valeurs en jeu, ils sont aussi stimulants, mettant en jeu diverses compétences de physique, mathématique, communication etc...

Le principal : pratique ! A vous de jouer et d'attraper, par exemple, ces exoplanètes !



Exemples d'articles issus de collaborations Pro-Am utilisant le Télescope JM Salomon :

Pluto's lower atmosphere and pressure evolution from ground-based stellar occultations, 1988-2016, Astronomy & Astrophysics, March 7 2019
<https://arxiv.org/pdf/1903.02315.pdf>

Astrometry/photometry of Solar System objects after Gaia, Proceedings of the Workshop and colloquium held at the CIAS (Meudon) on October 14-18, 2015
<https://www.imcce.fr/content/medias/publications/publications-recherche/nst/docs/S106.pdf>

+ les vôtres ? Les communiquer auprès de PLANETE SCIENCES !

Exemples d'astéroïdes liés au TJMS :

(125592) Buthiers [https://fr.wikipedia.org/wiki/\(125592\)_Buthiers](https://fr.wikipedia.org/wiki/(125592)_Buthiers)

(125718) Jemasalomon [https://fr.wikipedia.org/wiki/\(125718\)_Jemasalomon](https://fr.wikipedia.org/wiki/(125718)_Jemasalomon)

Autres références

Memo Exoplanete (Bruno Dauchet): http://astro.kizix.org/wp-content/uploads/2015/08/memo_exoplanete_version1.pdf

Tutos MUNIWIN (Jean-Philippe Nougayrède):
<http://www.sahavre.fr/tutoriels/observations/33-mesurer-le-transit-d-une-exoplanete>

Livre gratuit & complet sur les transits d'exoplanètes, mais en anglais : **Exoplanet Observing for Amateurs**, Bruce Gary www.brucegary.net/book_EOA/EOA.pdf

Article en ligne (anglais) **ASTROIMAGEJ: Image Processing & Photometric Extraction for UltraPrecise Astronomical Light Curves** Karen Collins, John Kielkopf, Keivan Stassun, Frederic V Hessman, The Astronomical Journal, 153:77(13pp), 2017 February <https://iopscience.iop.org/article/10.3847/1538-3881/153/2/77/pdf>

Liste à suivre : **planoccult** S'inscrire, ici : <http://vps.vvs.be/mailman/listinfo/planoccult>

Conférences & conférenciers à suivre :

Photométrie différentielle Principe, techniques et méthodologie, Romain Montaigut, Rencontres du Ciel & de l'Espace 2018
<https://media.afastronomie.fr/RCE/PresentationsRCE2018/Montaigut-RCE2018.pdf>

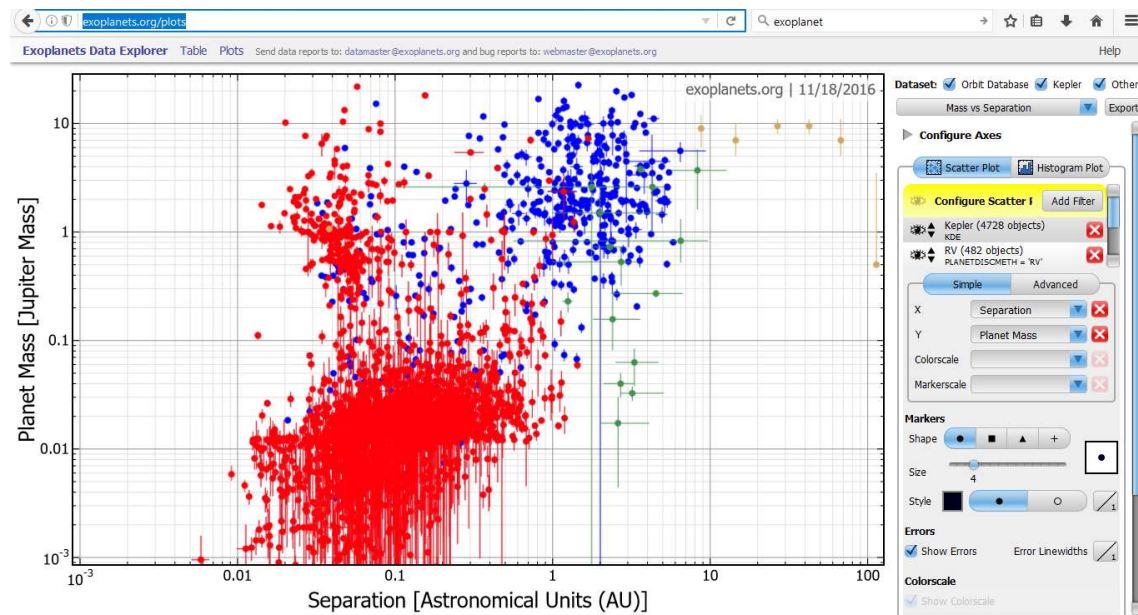
Photométrie des astéroïdes, grands programmes de surveillance du ciel et collaborations pro-am, Stéphane Fauvaud

<https://media.afastronomie.fr/RCE/PresentationsRCE2018/Fauvaud-RCE2018.pdf>

Astrometry/photometry of Solar System objects after Gaia

<https://www.imcce.fr/content/medias/publications/publications-recherche/nst/docs/S106.pdf>

Blague : où seront Vos mesures d'exoplanètes dans une classification d'exoplanètes ?



Catalogues d'Exoplanetes : <https://exoplanetarchive.ipac.caltech.edu/index.html>

Autres potentiels programmes Pro-Am : <https://projectpanoptes.org/>