

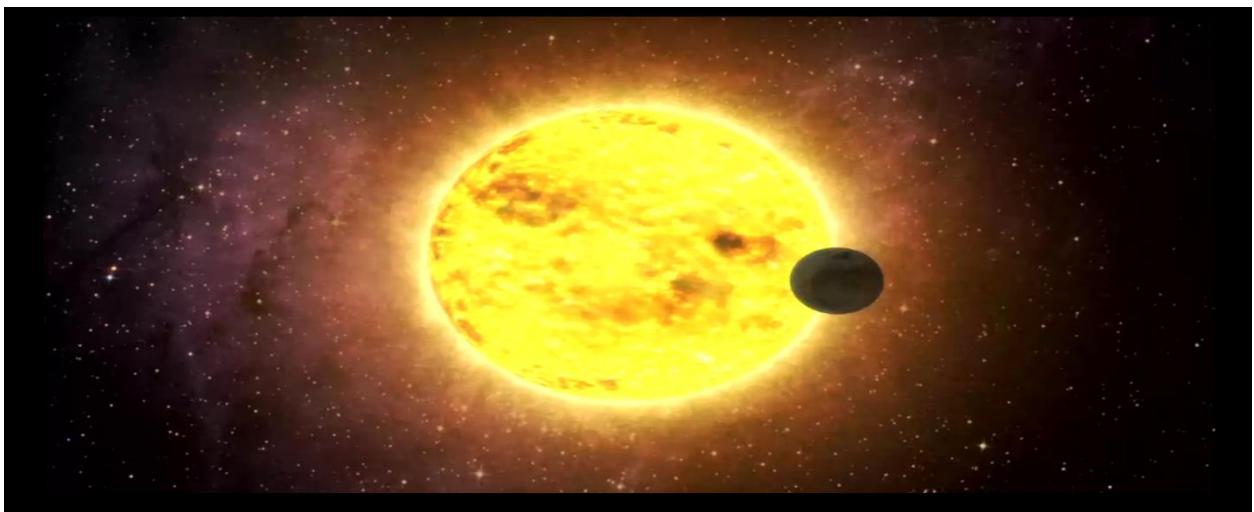


*IPSA (INSTITUT POLYTECHNIQUE
DES SCIENCES AVANCEES)
63 BOULEVARD DE
BRANDEBOURG
94200 IVRY SUR SEINE*

*IPSA (INSTITUT POLYTECHNIQUE
DES SCIENCES AVANCEES)
63 BOULEVARD DE
BRANDEBOURG
94200 IVRY SUR SEINE*

*ANALYSE DE DONNEES PHOTOMETRIQUES DE VALIDATION DE TRANSIT
D'EXOPLANETES ET COMPARAISON OBSERVATION/THEORIE*

RAPPORT DE STAGE AERO 4



HANNIGSBERG Bruno
Tuteur : LEKIC Anica

Stage effectué du 4 septembre 2017
au 29 septembre 2017

Remerciements

Je tiens à remercier chaleureusement ma tutrice de stage et professeure de Plasmas en Aéro 4, madame Anica LEKIC, pour toute l'aide qu'elle m'a apportée durant ce mois de stage. Toujours à l'écoute et disponible pour répondre à la moindre de mes questions, elle m'a néanmoins laissé travailler avec une grande autonomie et ce fut très enrichissant.

Sommaire

Table des matières

<u>Fiche de synthèse</u>	
Introduction.....	1
L’Ipsa, de nombreux parcours possibles	3
Historique	3
La formation à l’IPSA	4
L’organigramme de l’Ipsa	7
Valider le transit d’une exoplanète, étape-clé pour la découverte de nouveaux mondes.....	8
Le PIRI réalisé en mai.....	8
Les objectifs du stage	9
La bibliographie	10
Comment obtenir les courbes de luminosité des quatres exoplanètes du PIRI ?.....	12
« Fitter » les courbes de luminosité	31
Repérer une étoile variable dans un champ d’étoiles.....	34
Conclusion	37
Annexes	38
Annexe 1 : le programme Matlab de fitting des courbes de luminosité.....	38
Bibliographie/Webographie	39
Lexique	40

Fiche de synthèse

Fiche de synthèse		Emetteur : Bruno HANNIGSBERG
Titre du stage		Objectifs
Analyse de données photométriques de validation de transit d'exoplanètes et comparaison observation/théorie		<ul style="list-style-type: none"> -Recherches bibliographiques sur les exoplanètes étudiées lors du PIRI en mai et sur les missions CoRoT et Kepler -Retraiter les données obtenues lors du PIRI pour ces quatre exoplanètes et vérifier la cohérence des résultats. Trouver deux méthodes pour traiter les données sous Muniwin -Trouver les process pour identifier une étoile variable dans un champ d'étoiles sous Muniwin -Fitter les courbes de luminosité obtenues -Rédiger un tutoriel clair et précis sur la méthode utilisée pour réaliser les objectifs précédents, exceptée la bibliographie
Bénéficiaires	Outils utilisés	
L'association Ipsa Vega	Les logiciels PRISM, Muniwin, Stellarium et Matlab	
Travail réalisé		
<ul style="list-style-type: none"> -Recherches par la lecture d'articles scientifiques sur les planètes étudiées lors du PIRI et sur les missions CoRoT et Kepler et rédaction d'une bibliographie complète sur ces quatres exoplanètes et ces deux missions -Traitement des données récupérées lors des nuits d'observation des quatres exoplanètes et vérification de la cohérence des courbes de luminosité obtenues -Exploration du logiciel Muniwin , découverte et utilisation de la méthode de l'étoile virtuelle et de la méthode de détermination de la présence d'une étoile variable dans un champ d'étoiles -Recherche d'une méthode pour obtenir des courbes de tendance à partir de nuages de points -Rédaction d'un tutoriel sur le process à utiliser pour réaliser tous les points précédents, exceptée la bibliographie 		
Difficultés rencontrées	Suite à prévoir	
<ul style="list-style-type: none"> -Seules deux des quatre étoiles ont donné des courbes de luminosité cohérentes et satisfaisantes -J'arrive avec Muniwin à déterminer s'il y a ou non une étoile variable dans un champ d'étoiles, mais pas à identifier cette étoile -Recherches bibliographiques compliquées car il nous a fallu lire de longs articles scientifiques très précis et complexes et dont bien souvent seule une petite partie nous était intéressante 		
<ul style="list-style-type: none"> -Compléter la bibliographie car de nouvelles observations sont très souvent réalisées -Rechercher comment identifier quelle étoile est variable dans un champ d'étoiles 		

Introduction

Etudiant en fin de quatrième année à l'IPSA (Institut Polytechnique des Sciences Avancées) il me fallait, durant l'été 2017, effectuer un stage technicien d'au moins un mois. De plus, ayant intégré l'école directement au début de la troisième année après une classe préparatoire classique, je devais obligatoirement effectuer durant ce même été au moins un mois en entreprise pour pouvoir obtenir mon diplôme. Cependant je souhaitais vraiment profiter de ce mois pour découvrir le monde de la recherche, si possible astronomique. Je décidais alors d'effectuer deux stages : un stage ouvrier et un stage en recherche.

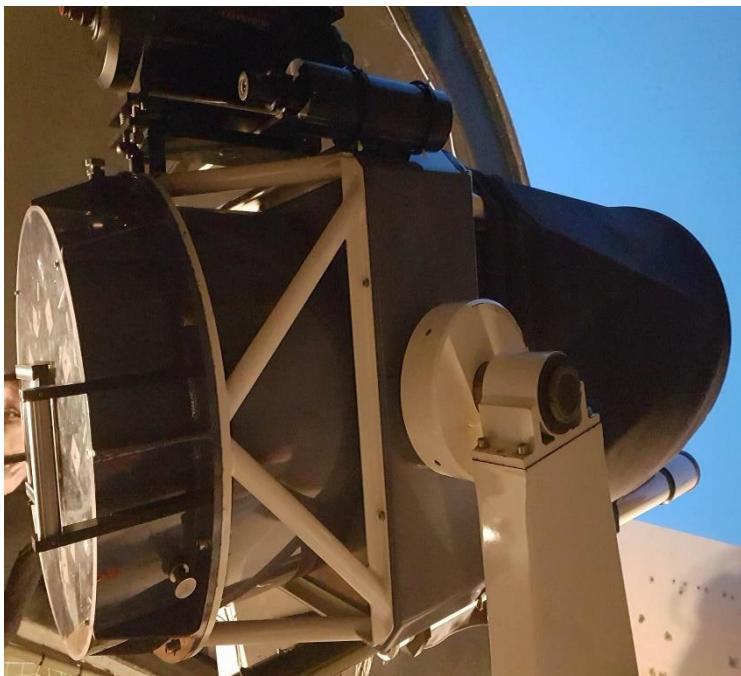


Figure 1 : Le Télescope Jean-Marc Salomon

Durant la quatrième année j'avais été confronté une première fois au monde de la recherche puisque nous avions effectué avec mes camarades un PIRI (Projet d'Initiation à la Recherche et à l'Innovation) dont le thème était la détection d'exoplanètes par photométrie lors du transit de celles-ci, c'est-à-dire de leur passage devant une étoile. Nous avons dans ce cadre effectué une nuit d'observation au TJMS (Télescope Jean-Marc Salomon) à Buthiers, près de Fontainebleau.

Ce sujet est à la fois passionnant et très complexe, et le peu d'heures que nous avons pu

consacrer au projet m'a laissé des regrets car j'avais l'impression de ne pas avoir tout compris sur cette méthode et de ne pas être allé assez loin dans l'exploitation des données que nous avions récupérées.

Nous nous sommes alors mis d'accord, moi et madame LEKIC qui m'avais encadré durant le PIRI, pour que j'effectue avec elle ce fameux stage en recherche avec pour but d'approfondir mes connaissances acquises lors du PIRI sur la détection d'exoplanètes. Le stage pouvait théoriquement durer jusqu'à trois mois mais nous avons dû nous limiter sur sa durée pour deux raisons : premièrement j'effectuais en août le stage ouvrier nécessaire à la validation de mon diplôme, et deuxièmement madame LEKIC devait suivre et valider une formation

afin de pouvoir utiliser seule un télescope et nous permettre d'effectuer en autonomie des nuits d'observations pour alimenter le stage de nouvelles données à traiter.

Nous nous sommes alors mis d'accord sur une durée de quatre semaine, du 4 au 29 septembre 2017 inclus. J'étais rattaché au service StudentLab de l'IPSA avec un camarade qui a lui effectué deux semaines de stage. J'avais pour objectif de retraitre les données obtenues par tous les groupes de PIRI lors de la quatrième année et d'obtenir à partir desdites données des courbes de luminosité, puis valider la cohérence de celles-ci par rapport à la théorie. Il fallait que je réussisse à trouver une deuxième méthode pour obtenir ces courbes en utilisant le même logiciel (Muniwin). Je rentrerai dans les détails plus loin dans ce rapport. J'avais également pour objectif, une fois ces courbes réalisées, de trouver un moyen de faire du fitting dessus, c'est-à-dire de les moyenner pour obtenir une courbe de tendance à partir de nuages de points. Enfin, ayant acquis une bonne connaissance et une bonne maîtrise du protocole et des outils pour réaliser ces différentes missions, je devais réaliser un tutoriel le plus clair possible expliquant comment se servir des logiciels pour obtenir puis traiter des courbes de luminosité. La cible de ce tutoriel était les futurs élèves du PIRI détection d'exoplanètes ainsi que les nouveaux de l'association Ipsi Vega, afin qu'ils puissent se familiariser avec ces outils.

Afin de rendre compte de mon stage, de son contenu et de ses conditions, je présenterais d'abord l'IPSA, son histoire, son organisation et ses différents pôles. Puis je détaillerais le travail que j'ai effectué durant le stage, au niveau technique notamment en expliquant comment j'ai appréhendé les différents logiciels nécessaires à l'obtention de courbes de photométrie et en présentant le tutoriel que j'ai réalisé du process utilisé.

L'Ipsa, de nombreux parcours possibles

Historique

L'IPSA (Institut polytechnique des sciences avancées), est un établissement français d'enseignement supérieur privé fondé en 1961 par un groupe d'ingénieurs du domaine aéronautique et aérospatial qui se nomment Michel Cazin, Maurice Pradier et Paul Lefort. Il forme en cinq années des ingénieurs dans le domaine de l'aéronautique et du spatial.

En 1989 une nouvelle direction issue de l'Ecole de l'Air est mise en place et l'IPSA déménage dans de nouveaux locaux plus grands et plus à même d'accueillir les étudiants dans les tours des Mercuriales à Bagnolet.

En 1999 l'école déménage à nouveau, au Kremlin-Bicêtre cette fois-ci. La même année elle intègre le groupe IONIS. Le groupe IONIS est composé de 22 écoles réparties dans une quinzaine de ville et est actuellement considéré comme le premier opérateur privé d'enseignement supérieur. Le but du groupe est de promouvoir ses établissements aux niveaux national et international.

En 2004 l'école intègre à son cursus quatre nouvelles options pour les élèves de 5^e année. Le but est de diversifier la formation afin de former des ingénieurs plus passionnés et spécialisés.

En 2007 un deuxième site ouvre à Toulouse. Cela permet de former plus d'ingénieurs et d'élargir le réseau géographique de l'école.

En 2009 l'IPSA rejoint l'Aerospace Valley, pôle mondial de compétitivité centré sur l'Aéronautique, l'Espace et les Systèmes Embarqués. Cette même année l'école déménage et prend place dans de nouveaux locaux à Ivry sur Seine.

Le 14 avril 2010, grâce à sa réputation grandissante et aux nombre conséquent d'élèves formés par l'école, l'IPSA est reconnu par l'Etat.

2011 est une année riche pour l'IPSA qui non seulement fête ses 50 ans, mais se voit aussi habilitée par la Commission des Titres d'Ingénieurs (CTI) à remettre le titre d'ingénieur. L'école introduit aussi dans son cursus un semestre obligatoire à l'étranger pour les élèves de 3^e année. Les partenaires sont nombreux et prestigieux, avec par exemple les universités d'Arizona, de Salford, de Shenyang...

Enfin, en 2017, le général Francis POLLET ancien directeur de l'École de l'Air, prend la direction du l'IPSA. Un nouveau cursus en 3 ans est mis en place : les Bachelors Plus IPSA.

La formation à l'IPSA

L'IPSA propose deux cycles de formation : le cycle Bachelors Plus en trois ans et le cycle Ingénieur en cinq ans.

ANNÉE 1	ANNÉE 2	ANNÉE 3
<p>FONDAMENTAUX GÉNÉRAUX : Mathématiques, Informatique, Électricité, Culture Générale, Anglais</p> <p>TRACKS TECHNOS : Matériaux, Mécanique, Conception, Thermo</p> <p>PROJET DECOUVERTE- PROJET TECH</p>	<p>FONDAMENTAUX GÉNÉRAUX : Mathématiques, Informatique, Électricité, Économie, Anglais</p> <p>TRACKS TECHNOS : Matériaux, Cinétique, Mécanique des Fluides, Industrialisation,</p> <p>OPTION MÉTIER MINI PROJETS GRAND PROJET</p>	<p>FONDAMENTAUX : Numérique, Mécanique des Fluides, Robotique, Économie, Anglais</p> <p>TRACKS TECHNOS : OPTION MÉTIER GRAND PROJET SEMESTRE INTERNATIONAL OU STAGE</p>

Figure 2 : Détail de la formation des Bachelors Plus

formation se fait en lien direct avec des entreprises de l'aéronautique. De ce fait les compétences acquises par les étudiants collent exactement aux attentes et aux besoins de ces entreprises.

Ces Bachelors Plus permettent aussi de poursuivre un deuxième cycle en écoles d'ingénieurs ou en parcours de type Masters of Science ou MBA. Elles s'adressent aux élèves de terminale S et STI2D, Bac +1 et Bac +2 désireux de suivre une formation qui leur rende possible l'accès à un métier en trois ans, ou la poursuite de leurs études par la suite.

Le cycle Ingénieur en cinq ans est composé d'un cycle préparatoire durant les deux premières années puis d'un cycle ingénieur durant les trois années suivantes. Le cycle préparatoire forme l'étudiant aux bases scientifiques dans des matières classiques telles que les mathématiques, la physique et la mécanique. Il permet également à l'étudiant de se familiariser et d'apprendre les bases du domaine de l'aéronautique que sont la mécanique du vol et l'aérodynamique.

Les Bachelors Plus IPSA s'adressent à des étudiants voulant apprendre rapidement un métier de l'air et de l'espace ou un métier connexe. C'est donc une formation professionnalisante dont un des principes de base est la réalisation le plus tôt possible dans les études, de projets centrés sur des problématiques industrielles. Cette

Le cycle ingénieur en trois ans propose moins de cours théorique et plus de projets, notamment de nombreux projets de groupes. Il invite les étudiants à se spécialiser progressivement.

En troisième année, ils doivent choisir entre l'option Véhicules qui est une spécialisation en mécanique/thermodynamique ou l'option Systèmes qui est une spécialisation en Informatique/Télécommunications. J'ai pour ma part choisi l'option Véhicules car je me sentais beaucoup plus à l'aise et attiré par le domaine de la mécanique.

En quatrième année, après avoir effectué un semestre à l'international pour lequel j'ai personnellement choisi l'Université d'Arizona, le choix se porte sur la majeure. Selon leur choix d'option en troisième année, les étudiants sont invités à faire une sélection parmi cinq majeures. J'ai choisi la majeure Espaces, Lanceurs et Satellites car je suis passionné depuis toujours par l'espace, son exploitation et son exploration.

Enfin, en cinquième année, les étudiants doivent choisir parmi 8 spécialisations à travers trois voies d'expertise. J'ai choisi de continuer dans le prolongement de ma majeure Espace, Lanceurs et Satellites en choisissant la spécialisation Conception des Systèmes Spatiaux.

Concernant les projets de groupes il nous a par exemple fallut présenter notre destination internationale lors d'une soutenance par groupe de quatre durant notre troisième année, réaliser puis présenter lors d'une soutenance à l'aide d'un logiciel de Conception Assistée par Ordinateur un Rubik's Cube à trois en troisième année là aussi, réaliser et présenter par groupes de quatre le PIRI précédemment évoquer dont ce stage est la continuité lors de la quatrième année. Tous ces projets furent et sont encore très formateurs en vue du chef de projet que j'aimerai devenir en tant qu'ingénieur à la fin de mon cursus scolaire.



Concernant le cycle ingénieur en cinq ans, il existe plusieurs voies d'intégration. Le concours Advance regroupant l'IPSA et d'autres écoles comme l'EPITA, l'ESME ou Sup BioTech est destiné aux terminales S et permet d'intégrer l'école en première année.

Figure 3 : affiche du concours Advance

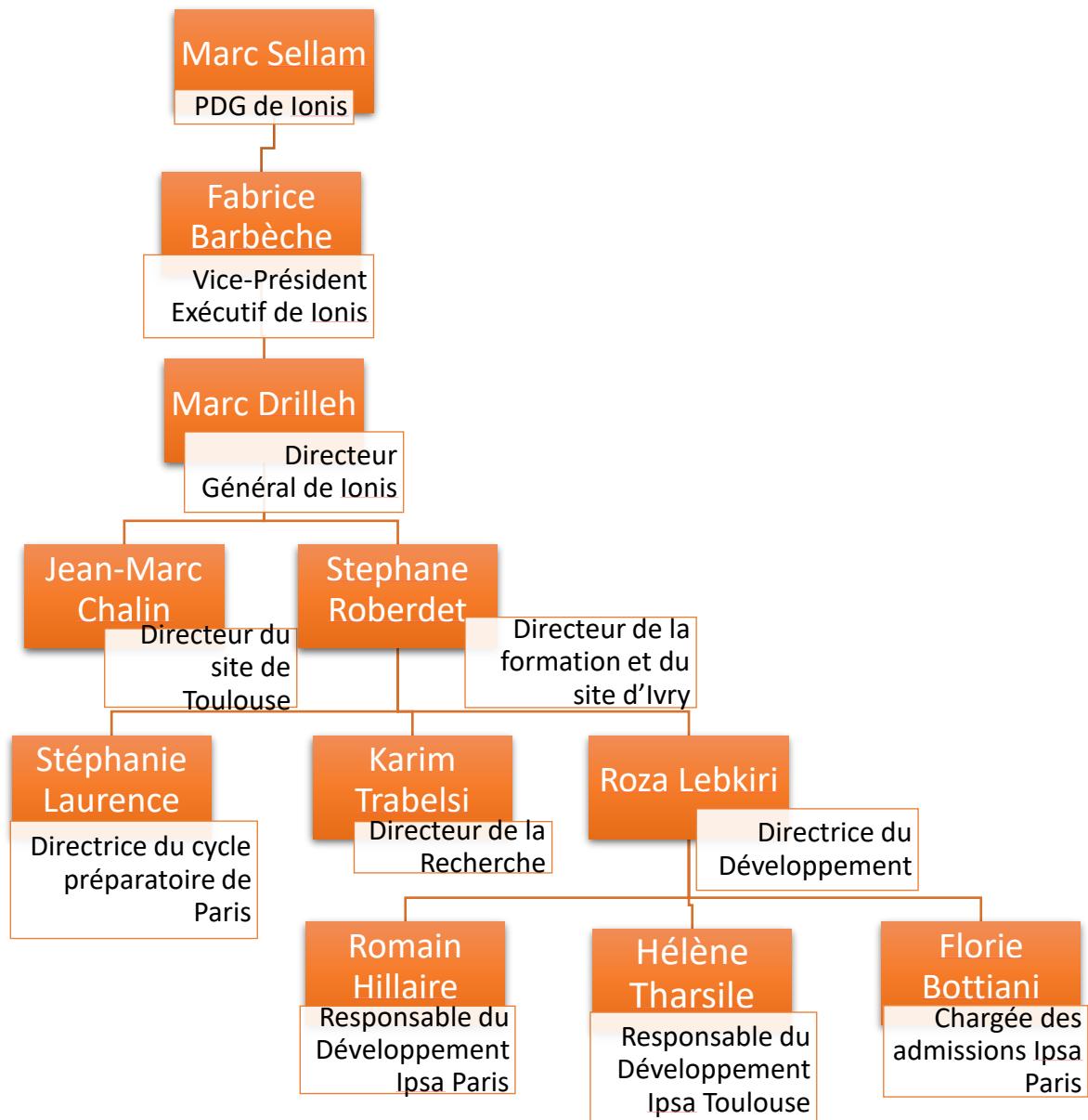
L'IPSA peut être intégrée en début de deuxième année après un an de DUT par exemple, sur dossier.



Figure 4 : affiche du concours EPITA/IPSA 2017

L'école propose aux élèves sortant de classe préparatoire classique de rentrer directement en début de troisième année en passant le concours EPITA/IPSA, et aux élèves de DUT sur dossier. J'ai personnellement intégré l'école en troisième année après deux années de classe préparatoire classique.

L'organigramme de l'Ipsa



Valider le transit d'une exoplanète, étape-clé pour la découverte de nouveaux mondes

Le PIRI réalisé en mai

Avant de rentrer dans le détail concernant le travail effectué durant mon stage, il est indispensable d'expliquer en quoi consistait mon PIRI (Projet d'Initiation à la Recherche et à l'Innovation) car le stage est un approfondissement de celui-ci. Le titre exact de mon PIRI était « Validation de transits d'exoplanètes par photométrie différentielle ».

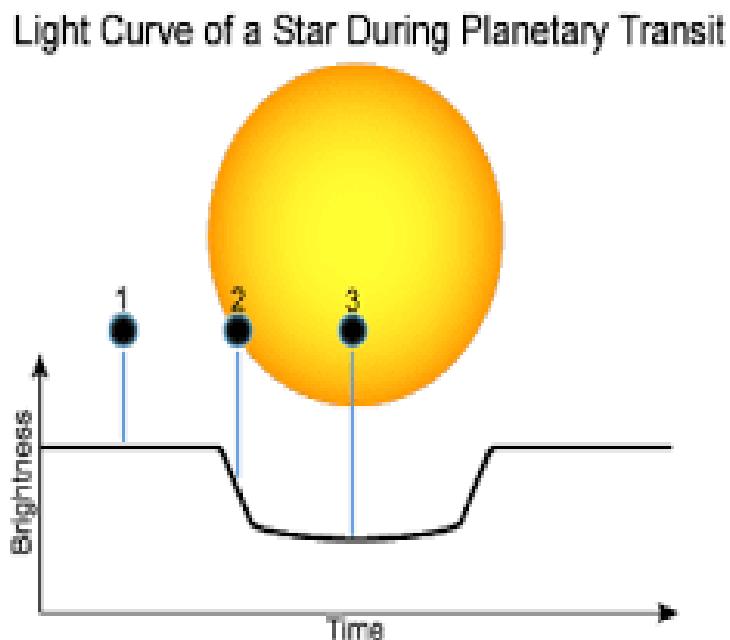


Figure 5 : Explication d'une courbe de luminosité

vitesse radiale que nous ne développerons pas ici, certaines informations sur l'exoplanète peuvent être déduites comme son rayon ou sa distance à son étoile.

Pour détecter une exoplanète, la méthode des transits est très souvent utilisée. Lorsqu'une exoplanète passe devant une étoile, la luminosité reçue sur Terre provenant de cette étoile diminue. A l'aide de capteurs CCD, la baisse de luminosité peut être mesurée et par la suite, à l'aide de formules mathématiques et d'une autre méthode appelée méthode des

Le but de notre PIRI était juste d'observer un transit et après traitement par les logiciels PRISM et Muniwin des données captées par les capteurs CCD, d'obtenir une courbe de luminosité, courbe qui n'était en fait qu'un nuage de points. Nous nous sommes donc rendus au TJMS (Téléscope Jean-Marc Salomon) à Buthiers près de Fontainebleau afin de réaliser ces observations. Nous avons effectué quatre nuits d'observations, et à chaque nuit correspondait le transit d'une exoplanète. Les quatres exoplanètes sur lesquelles nous avons travaillé se nomment TrES-1b, TrES-3b, KOI-0196b et WASP-48b.

Cependant, chaque groupe n'ayant travaillé que sur une exoplanète, dans des délais très limités et en ayant à comprendre les process à l'aide de tutoriels assez peu détaillés et parfois flous, j'avais le sentiment de ne pas être allé assez loin et de ne pas être sorti de cette première expérience dans le domaine de la recherche avec assez de compétences. C'est pourquoi je me suis mis d'accord avec ma professeur durant le PIRI madame LEKIC et un camarade pour effectuer le stage d'un mois que je vais vous détailler maintenant.

Les objectifs du stage

J'ai eu la réunion de début de stage avec madame LEKIC le lundi 4 septembre 2017 pour fixer les objectifs de celui-ci. Tout d'abord, nous devions avec mon camarade réaliser une bibliographie assez détaillée et complète sur les quatre exoplanètes étudiées en mai et citées ci-dessus, ainsi que sur les missions CoRoT et Kepler, qui sont des satellites servant à l'observation de transits.

Il me fallait aussi reprendre les données recueillies par les quatres groupes de PIRI sur les exoplanètes TrES-1b, TrES-3b, KOI-0196b et WASP-48b et les retraitier via PRISM et Muniwin pour obtenir les courbes de luminosité correspondantes et vérifier la cohérence avec les courbes obtenues par les groupes lors du PIRI. Une tâche qui devait être réalisée en utilisant la méthode classique mais aussi en cherchant dans le logiciel Muniwin comment mettre en place la méthode de l'étoile virtuelle qui sera détaillée plus loin. Je devais également trouver comment identifier une étoile variable dans un champ d'étoile sous Muniwin, une étoile variable étant une étoile dont la luminosité varie naturellement de manière cyclique.

En collaboration avec mon camarade, nous devions trouver une manière de « fitter » les courbes de luminosité obtenues, c'est-à-dire de tracer des courbes de tendances à partir des nuages de points obtenus par traitement via PRISM et Muniwin.

Enfin, les tutoriels que j'avais suivis durant mon PIRI expliquant comment se servir des logiciels afin d'obtenir des courbes de luminosité n'étant pas très clairs, j'avais pour mission de rédiger moi-même un tutoriel le plus détaillé et précis possible détaillant le process pour obtenir ces courbes de luminosité, que ce soit par la méthode classique ou la méthode de l'étoile virtuelle.

La bibliographie

Mon stage a débuté par une semaine consacrée à la recherche bibliographique sur les quatre exoplanètes observées en mai lors du PIRI : TrES-1b, TrES-3b, WASP-48b et KOI-0196b. Il fallait aussi trouver des données sur les caractéristiques des missions CoRoT et Kepler, destinées à détecter des exoplanètes en effectuant des observations depuis des satellites en orbite autour de la Terre.



Figure 6 : Logo officiel du site arXiv.org

Nous avons en accord avec madame LEKIC estimé que pour rédiger une bonne bibliographie, au moins deux ou trois articles scientifiques étaient nécessaires par sujet. Je me suis quasiment exclusivement servi de la base de données d'articles scientifiques arXiv. Sur le site officiel de cette base de données un très grand nombre d'articles sont consultables gratuitement en PDF après une simple recherche par mots-clés. Les articles sont triés par ordre chronologique, ce qui est très pratique. La plupart du temps, consulter l'article

officiel de la découverte de l'exoplanète ainsi que les deux ou trois derniers articles publiés donne une bonne matière pour réaliser une bibliographie à la fois complète et à jour. Les articles sont tous en anglais et font majoritairement au moins une dizaine de pages.

Mon camarade et moi nous sommes partagés le travail bibliographique qui nous avait été confié. Je ne détaillerai ici que mon étude de WASP-48b car c'est une des deux exoplanètes étudiées dont j'ai réussi à traiter les données et obtenir une courbe de luminosité exploitable :

Exoplanet	List of exoplanets
Parent star	
Star	WASP-48
Constellation	Cygnus
Right ascension	(a) 19 ^h 24 ^m 39 ^s
Declination	(δ) +55° 28' 23"
Mass	(m) 1.19 ± 0.04 M_{\odot}
Metallicity	[Fe/H] -0.12
Orbital elements	
Semi-major axis	(a) 0.03444 AU
Orbital period	(P) 2.1436 d
Inclination	(i) 80.09 $^{+0.55}_{-0.55}$ °
Physical characteristics	
Mass	(m) 0.98 ± 0.09 M_J
Radius	(r) 1.67 ± 0.08 R_J
Temperature	(T) 2030 ± 7

Figure 7 : Paramètres orbitaux de WASP-48b

« Le système contenant WASP-48b est composé d'une étoile dont la température effective est d'environ 6000K et de l'exoplanète elle-même, qui est une Jupiter chaude, et dont la température est stabilisée autour de

2000K. Il est difficile d'estimer l'âge de ce système car certaines évidences semblent en contradiction avec d'autres. En effet vue la période de rotation de l'étoile on peut estimer que celle-ci est jeune. Cependant, l'absence de Ca_2H et l'abondance de lithium suggèrent qu'elle est bien plus âgée que prévu.

L'atmosphère de WASP-48b a été étudiée par le biais d'observations infrarouges qui amènent à penser qu'il y a sur cette planète une recirculation de l'énergie, pas d'inversion de température et pas d'absorbeurs forts.

Les paramètres physiques attribués aux exoplanètes ne restent jamais longtemps fixes

étant donné le nombre d'observations effectuées chaque année. C'est le cas aussi pour WASP-48b et son rayon a été estimé en 2015 être aux alentours de $R_b=1.396 \pm 0.051$ RJup. Sa densité a aussi été actualisée, et l'on ne la situe désormais plus dans la catégorie des planètes fortement gonflées.

Grâce au Telescope Sitzer Space, une photométrie a été réalisée durant une éclipse de WASP-48b à $3.6 \mu\text{m}$. Le spectre d'émission de la planète est comparable à celui d'un corps noir ayant une température effective d'environ 2200 K, ce qui indique une recirculation modérée dans le cas d'un albedo nul. »

J'ai également trouvé les différences principales dans les caractéristiques des missions CoRoT et Kepler :

- La durée des observations sur une cible simple : CoRoT l'observe pendant 150 jours, Kepler pendant 4 ans. Or pour confirmer une planète et sa trajectoire, il faut l'avoir observée au moins pendant 3 transits.
- La taille du télescope : Kepler a un télescope de 95cm de diamètre contre 27cm pour CoRoT
- Le champ d'observation du télescope: Kepler peut observer un champ complet de 105 degrés carrés contre 3.5 degrés carrés pour CoRoT. L'avantage majeur qu'offre le champ large de Kepler est la possibilité d'un choix plus large de cibles et cela évite la contamination visuelle par les objets voisins des cibles.

Comment obtenir les courbes de luminosité des quatres exoplanètes du PIRI ?

Le process à réaliser pour obtenir la courbe de luminosité de votre étoile comporte deux phases. Tout d'abord il vous faut préparer votre nuit d'observation afin d'être dans les meilleures conditions pour récupérer les données des capteurs CDD. Puis il vous faudra traiter ses données, en passant d'abord par une phase de prétraitement PRISM puis par une phase de traitement Muniwin. Vous trouverez ci-après le tutoriel que j'ai réalisé sur ces deux phases :

I-Préparation de la nuit

- 1) En fonction de vos disponibilités, vous allez être amenés à choisir une nuit pour votre observation. Tout d'abord, il faut s'assurer que lors de cette nuit, le temps ne soit pas trop nuageux, sinon vous ne pourrez rien observer.
- 2) Consulter le calendrier de la lune lors de cette nuit. La fenêtre d'observation se situe entre 1h après le coucher du soleil et 1h avant le lever de la lune

LUNE DU 25 MAI 2017 – à 23h (heure légale, Paris)

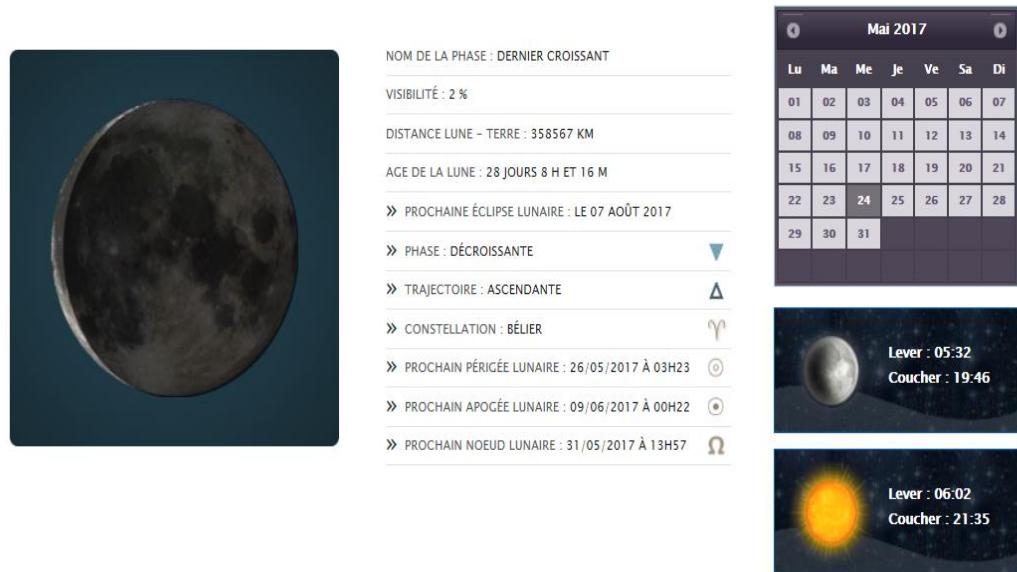


NOM DE LA PHASE : NOUVELLE LUNE
VISIBILITÉ : 0 %
DISTANCE LUNE – TERRE : 357241 KM
AGE DE LA LUNE : 50 MINUTES
» PROCHAINE ÉCLIPSE LUNAIRE : LE 07 AOÛT 2017
» PHASE : CROISSANTE
» TRAJECTOIRE : ASCENDANTE
» CONSTELLATION : TAUREAU
» PROCHAIN PÉRIGÈE LUNAIRE : 26/05/2017 À 03H23
» PROCHAIN APOGÉE LUNAIRE : 09/06/2017 À 00H22
» PROCHAIN NOEUD LUNAIRE : 31/05/2017 À 13H57

Mai 2017						
Lu	Ma	Me	Je	Ve	Sa	Di
01	02	03	04	05	06	07
08	09	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
29	30	31				



LUNE DU 24 MAI 2017 – à 23h (heure légale, Paris)



Ici la fenêtre d'observation se situe entre 22h35 et 5h10

- 3) Aller sur le site <http://var2.astro.cz/ETD/predictions.php>. Rentrez comme coordonnées 4 pour ELONGITUDE et 49 pour LATITUDE. Puis sélectionnez votre nuit. Vous obtenez une liste de toutes les planètes présentes lors de cette nuit. Les conditions à respecter pour la sélection de votre planète sont : un horizon au-dessus de 20 degrés, une magnitude autour de 11V, une profondeur de l'ordre de 0.02.

Available predictions: (UT evening date)							
2017-06- 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 2017-07- 01, 02, 03, 04, 05, 06, 07, 08, 09, 10, 11, 12, 13,							
User defined time span:	From: 2017-05-25	To: YYYY-MM-DD20	Show				
OBJECT	BEGIN (UT/h,A)	CENTER (DD.MM. UT/h,A)	END (UT/h,A)	D (min)	V (MAG)	DEPTH (MAG)	Elements Coords
CoRoT-13 b							
CoRoT-17 b							
CoRoT-18 b							
CoRoT-19 b							
CoRoT-2 b							
CoRoT-20 b							
CoRoT-3 b							
CoRoT-4 b							
CoRoT-5 b							
CoRoT-6 b							
CoRoT-8 b							
CoRoT-9 b							
EPIC-218916923 b							
EPIC-203711098 b							
EPIC-203711098 c							
EPIC-210957318 b							
EPIC-211089792 b							
EPIC-212110888 b							
GJ1214 b							
GJ3470 b							
GJ436 b							
HAT-P-1 b							
HAT-P-10/WASP-11 b							
HAT-P-11 b							
Showing transits only more than 20 degrees above horizon in time of midtransit and sun more than 10 degrees below horizon for your observing place (ELONGITUDE: 4° and LATITUDE: 49°)							
Credit & Contact							

Ici seule TrES-1b correspond, car son transit commence à 0h19 UTC, c'est-à-dire 2h19 heure de Paris, et termine à 2h49 UTC, c'est-à-dire 4h49 heure de Paris, elle a un horizon à 63 degrés, une magnitude de 11.79V, et une profondeur de 0.0208.

- 4) Préparer le planning de la nuit. En effet il est conseillé de prendre 1h de marge avant le début du transit, et 1h après. Il est aussi conseillé de prendre 1h pour le pointage du télescope. Il faut également prendre des images de calibration : 1h voire un peu plus au tout début de la nuit pour prendre les flats et les bias, et 1h à la toute fin de la nuit pour les darks. Ici le planning est donné en heure UTC.

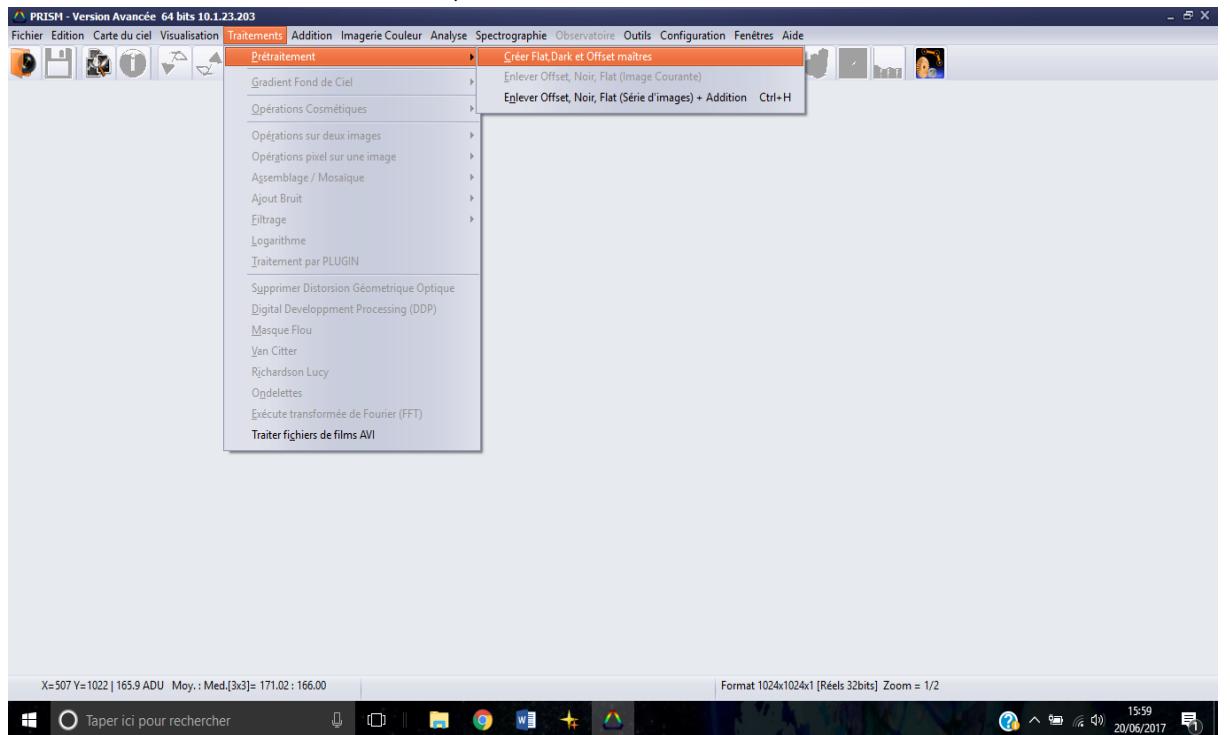


II-Traitement des fichiers par PRISM et Muniwin

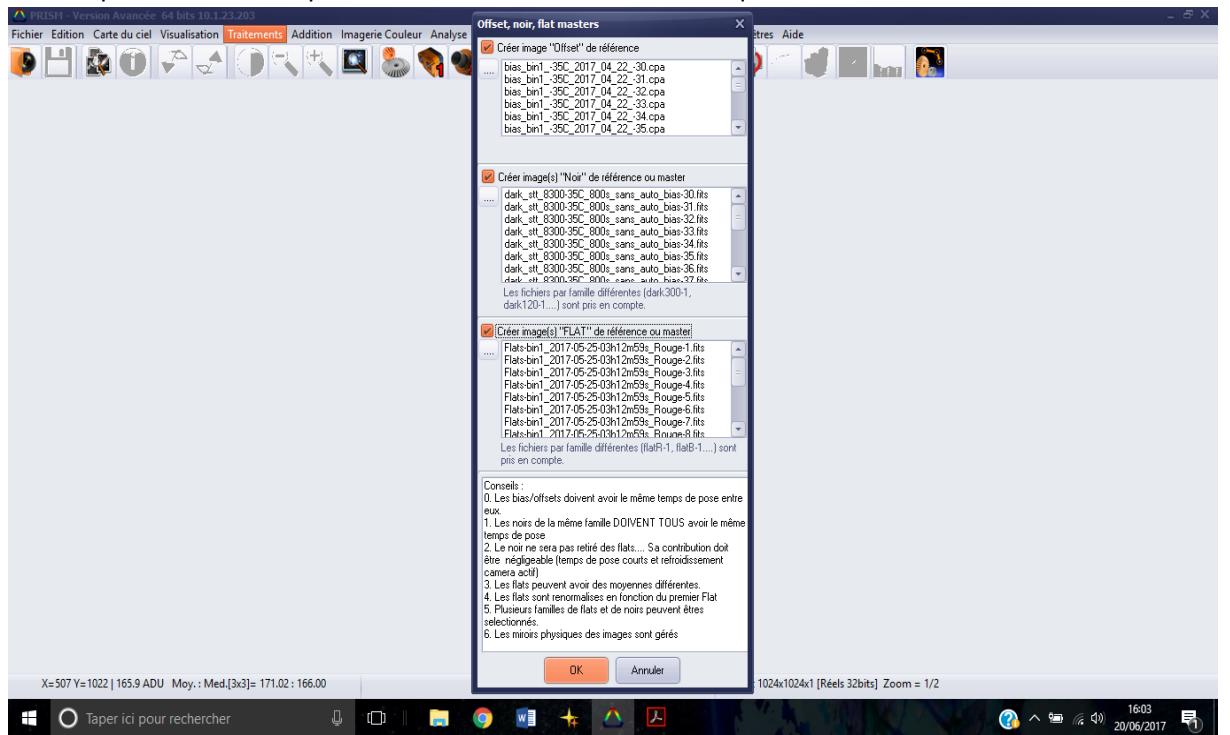
Une fois la nuit d'observation effectuée, vous récupérerez des fichiers de calibrations de 3 types différents : des bias aussi appelés offset, des darks, et des flats. Vous récupérerez également un certain nombre d'images du ciel, qui porteront le nom de votre étoile étudiée. Le but va être de traiter les images du ciel avec ces fichiers de calibrations afin d'en atténuer le bruit.

PRISM

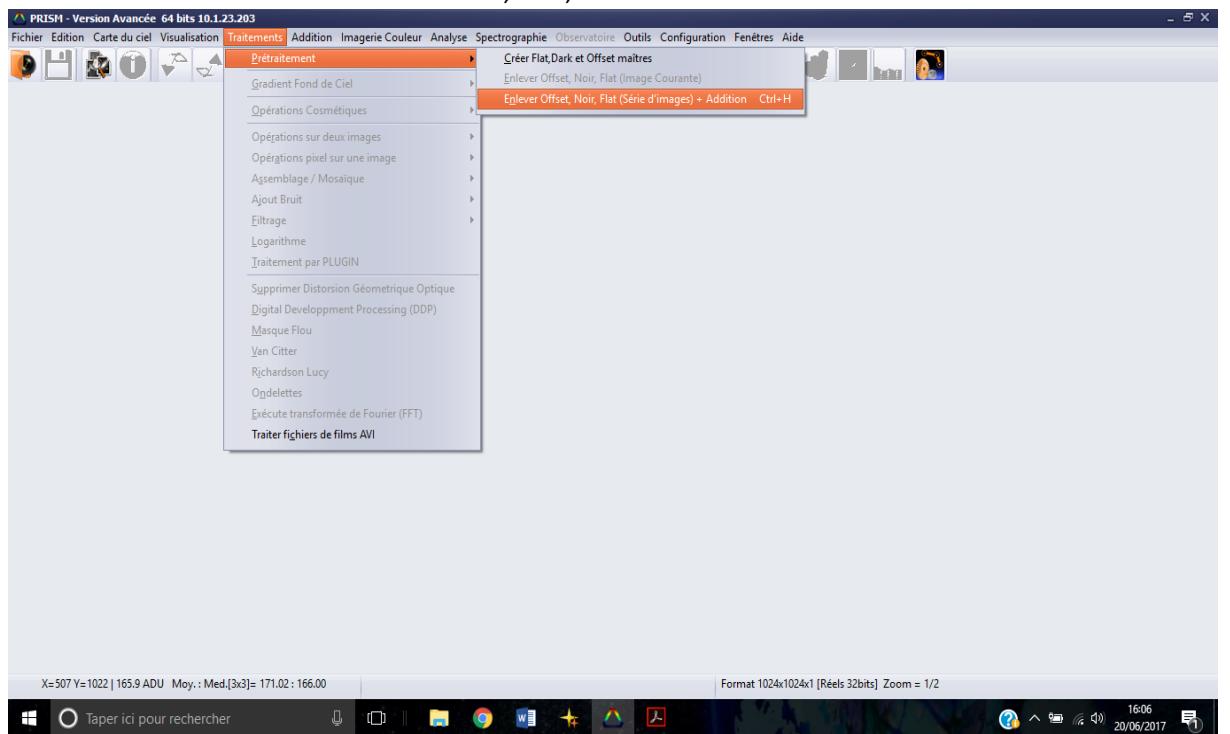
- 1) ouvrir PRISM
- 2) Traitement> Prétraitemet>créer flat, dark et offset maîtres



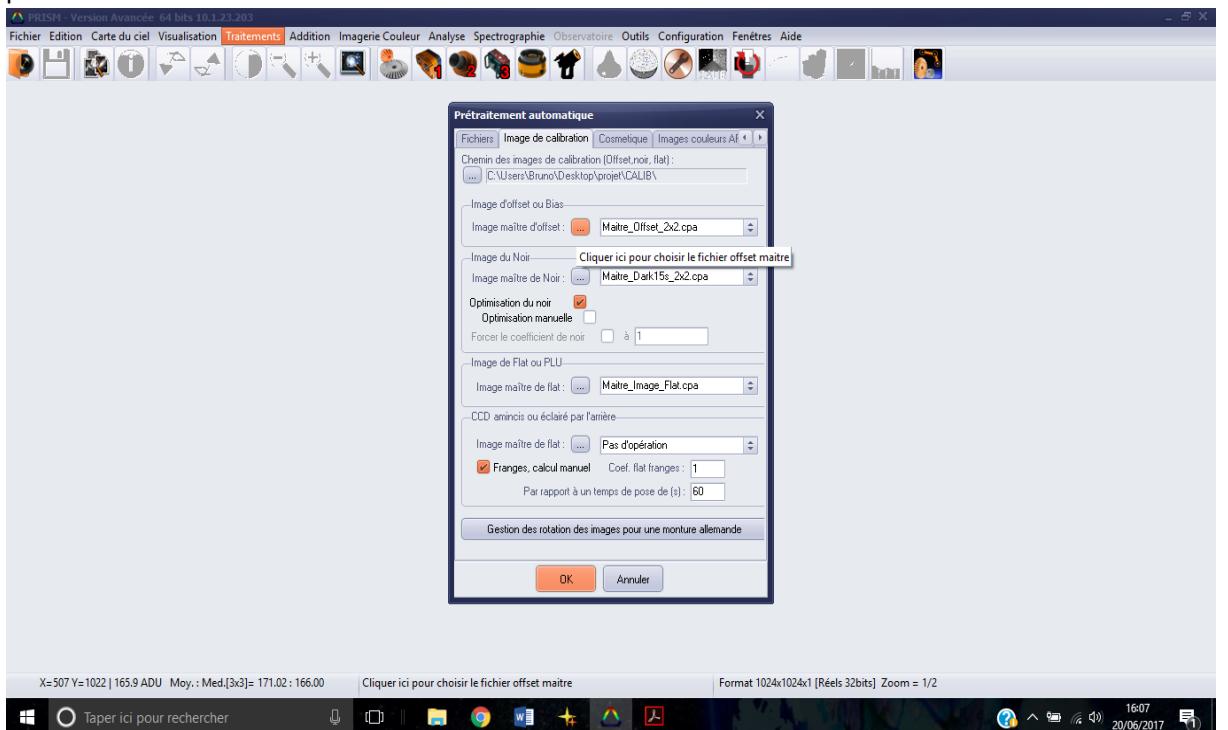
- 3) Cocher « créer images offset de référence », « créer image darks de référence » et « créer images flats de référence ». Puis sélectionner une quinzaine de bias, une quinzaine de darks et une quinzaine de flats parmi vos fichiers de calibration. Cliquer sur OK.



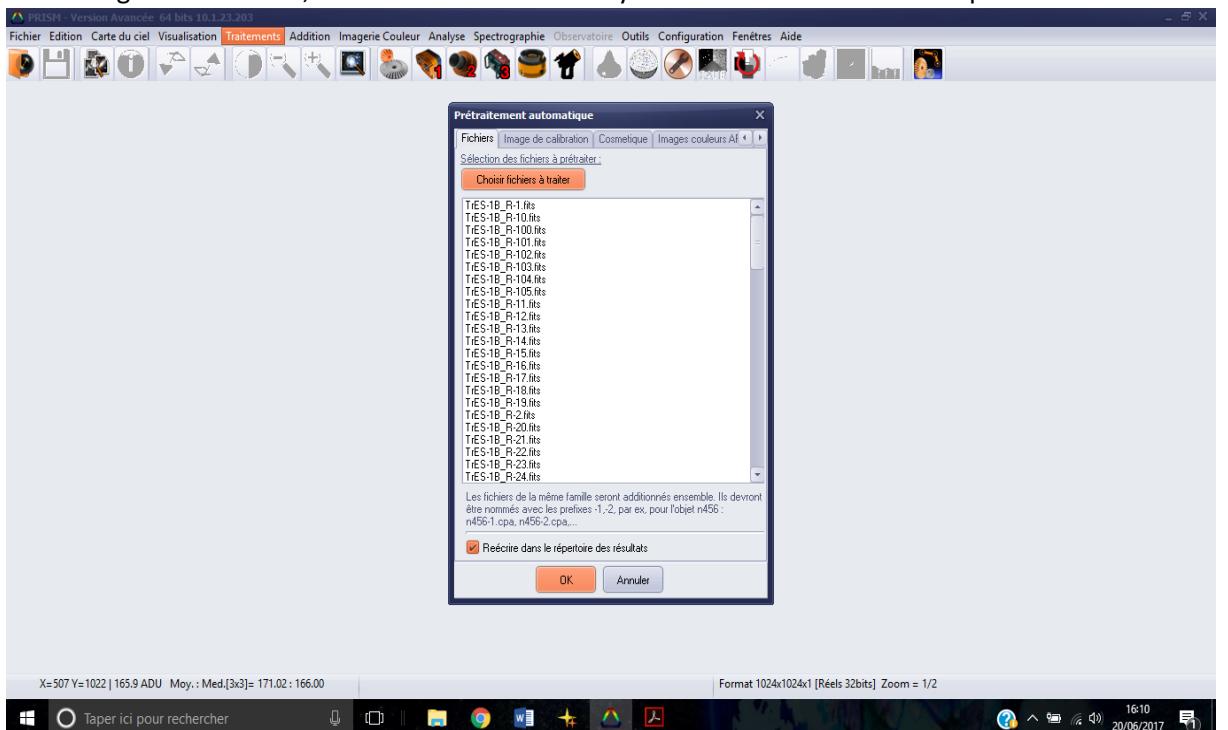
- 4) Traitement>Prétraitement>Enlever offset, noir, flats + addition



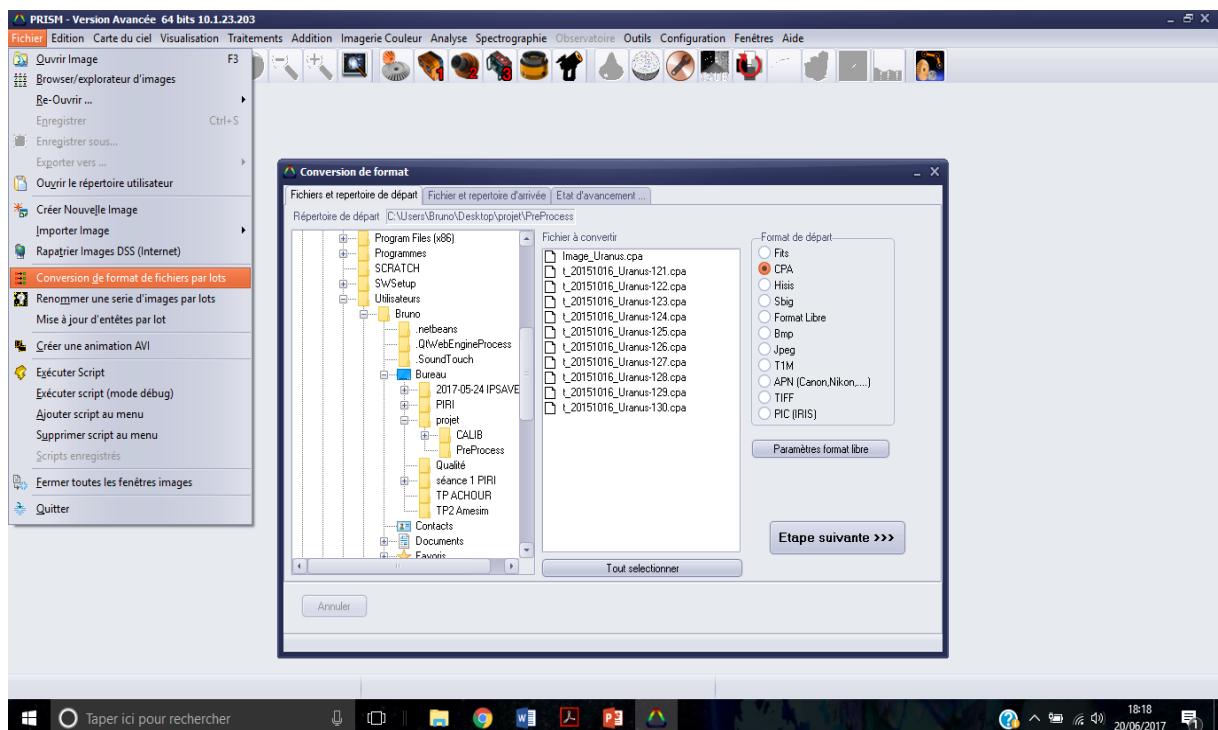
- 5) Dans l'onglet « Images de Calibration », sélectionner les fichiers maîtres créés précédemment.



- 6) Dans l'onglet « Fichiers », sélectionner les fichiers ayant le nom votre l'étoile. Cliquer sur OK.



- 7) Les nouveaux fichiers créés seront tous automatiquement placés dans un nouveau dossier nommé « PreProcess ». Ils seront au format .cpa. Il faut les convertir au format .fits afin que Muniwin puisse les traiter. Pour cela, Fichiers>Conversion de format de fichiers par lots. Sélectionner les fichiers créés précédemment puis cocher CPA, et ETAPE SUIVANTE. Puis cocher Fits et OK.

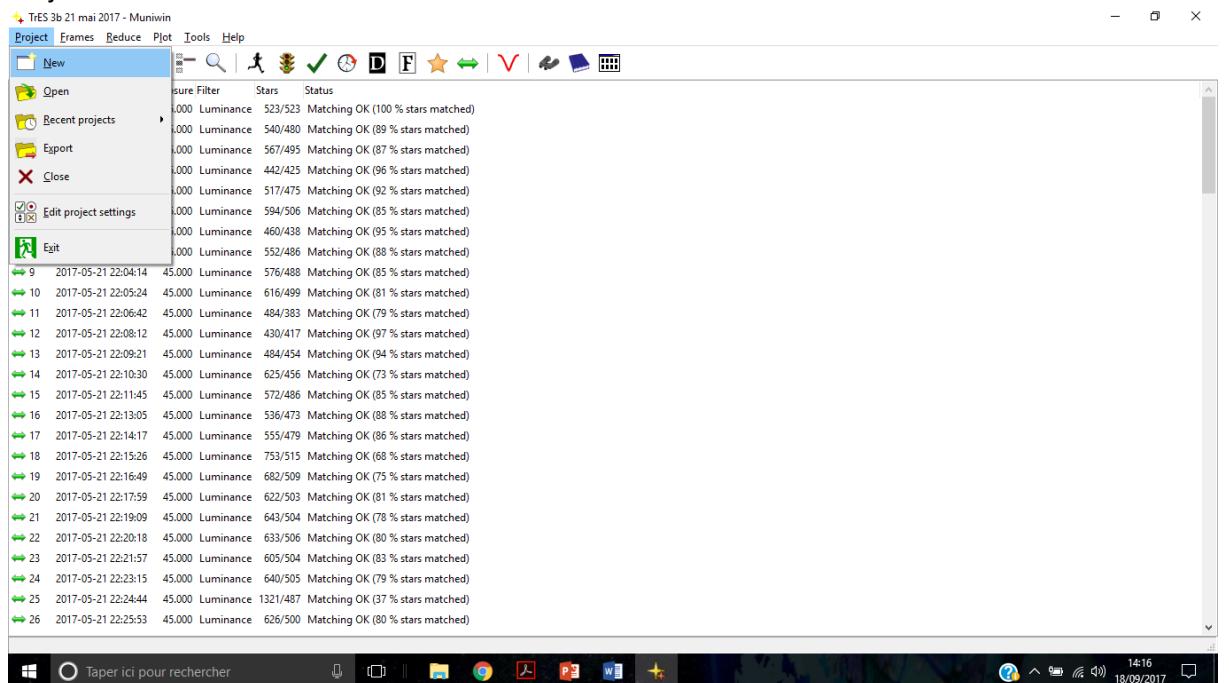


MUNIWIN

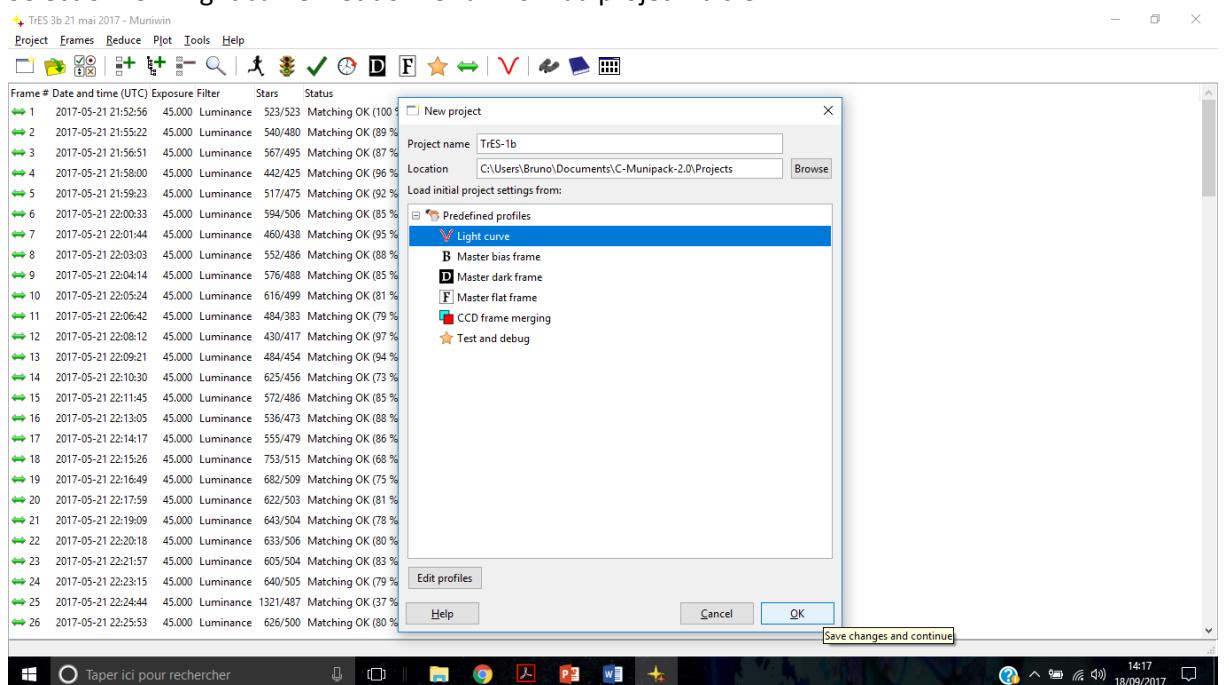
Notre objectif est ici, à partir des images du ciel prétraitées avec PRISM, d'obtenir des courbes de luminosité. Pour cela, il va falloir sélectionner des étoiles de référence, qui sont des étoiles ayant une magnitude et un indice de couleur proche. Il y a deux méthodes pour obtenir ces courbes de luminosité : la méthode classique qui consiste à sélectionner une seule étoile de référence, et la méthode dite de l'étoile virtuelle qui consiste à sélectionner plusieurs étoiles de référence en même temps, et à créer à partir de celles-ci une seule étoile de référence, l'étoile virtuelle, qui est la moyenne des étoiles réelles.

1) Ouvrir Muniwin

2) Project>New



3) Sélectionner « light curve » et donner un nom au projet. Puis OK.



- 4) Cliquer sur l'icône « Edit Project Setting »



- 5) Rentrer les paramètres du TJMS qui sont les suivants :

Caméra :

Project settings

- Project 'Tyc-1818-1428'
- Camera
- Source frames
- Calibration
- Star detection

Camera

Readout noise	9.30	Default: 15.00
ADC gain	0.370000	Default: 2.300000

Source frames

Project settings

- Project 'Tyc-1818-1428'
- Camera
- Source frames
- Calibration
- Star detection
- Photometry
- Matching
- Light curve
- Find variables
- Observer
- Files and directories

Source frames

Pixel value range
Bad pixels have value equal to or less than:
Min. pixel value Default: 0

Overexposed pixels have value equal to or greater than:
Max. pixel value Default: 65535

Transformations
Note: The transformations are applied in the order as they appear below
Convert frames to the following pixel data format:
Image data format

Apply the following geometric transformations:
 Flip image vertically
 Flip image horizontally

Sum pixel values from neighboring pixels:
Binning

Mask pixels that are close to the frame border:
Margin - left - top
 - right - bottom

Add constant offset to the time of observation:
Time offset Default: 0

Calibration

Project settings

- Project 'Tyc-1818-1428'
 - Camera
 - Source frames
 - Calibration
 - Star detection
 - Photometry
 - Matching

Calibration

Calibration scheme

Standard (dark + flat)
 Advanced (bias + scalable dark + flat)

Star détection

Project settings

- Project 'Tyc-1818-1428'
 - Camera
 - Source frames
 - Calibration
 - Star detection
 - Photometry
 - Matching
 - Light curve
 - Find variables
 - Observer
 - Files and directories

Star detection

Gaussian filter

Filter width (FWHM) Default: 3.00

Minimum brightness

Detection threshold Default: 4.00

Sharpness limits

Minimum sharpness Default: 0.20
Maximum sharpness Default: 1.00

Roundness limits

Minimum roundness Default: -1.00
Maximum roundness Default: 1.00

Photometry

Project settings

- Project 'Tyc-1818-1428'
 - Camera
 - Source frames
 - Calibration
 - Star detection
 - Photometry
 - Matching
 - Light curve
 - Find variables
 - Observer
 - Files and directories

Photometry

Apertures

Radii of the apertures (1-12) for object brightness measurement (pixels)

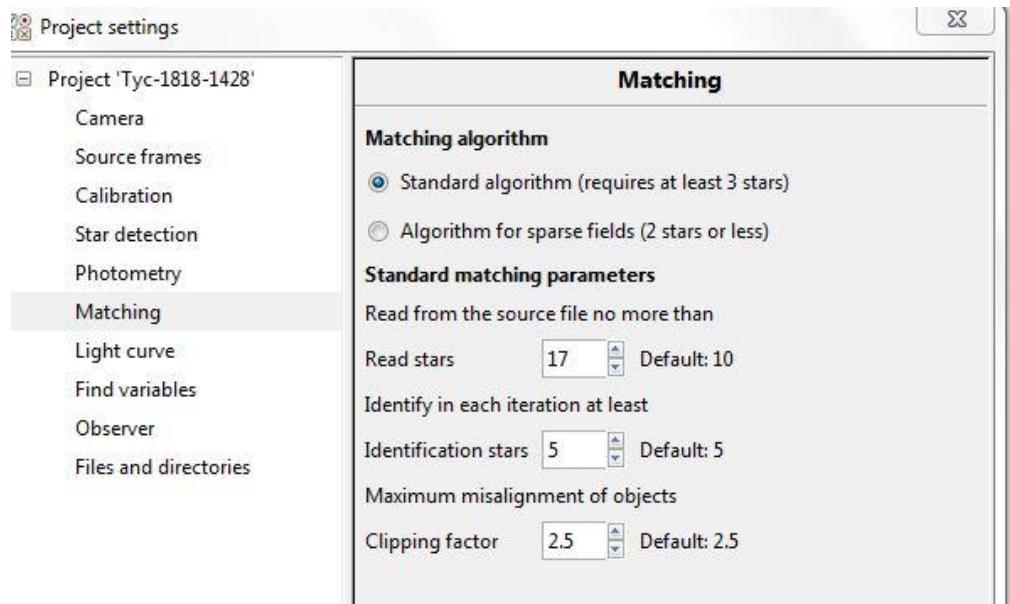
Aperture #1	2.00	#5	7.09	#9	18.00
	2.73	#6	9.27	#10	21.64
#3	3.82	#7	11.82	#11	25.64
#4	5.27	#8	14.73	#12	30.00

Background

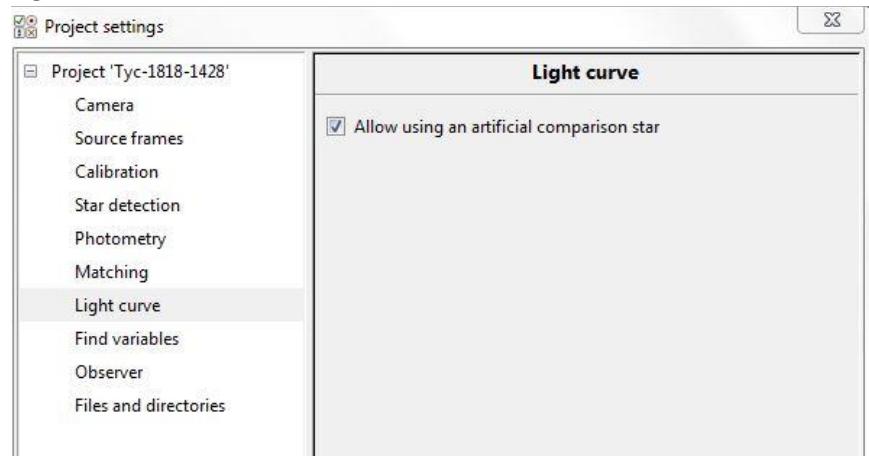
Size of the annulus for background level measurement (pixels):

Inner radius Default: 20.00
Outer radius Default: 30.00

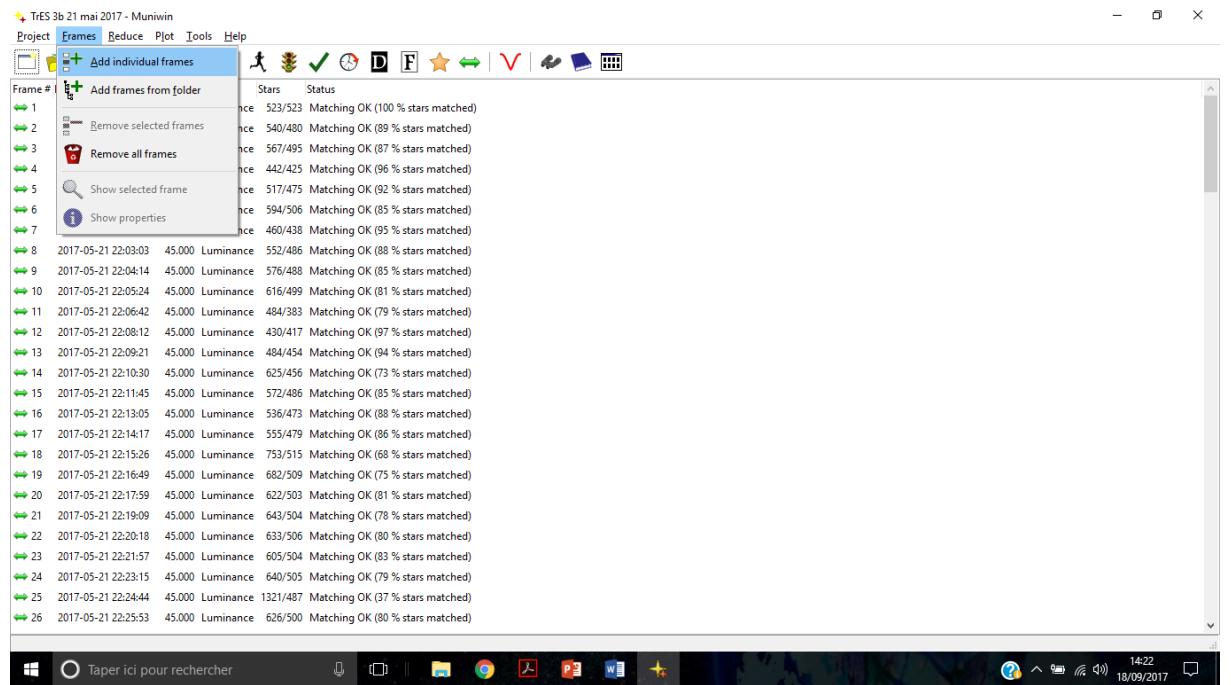
Matching



Light curve



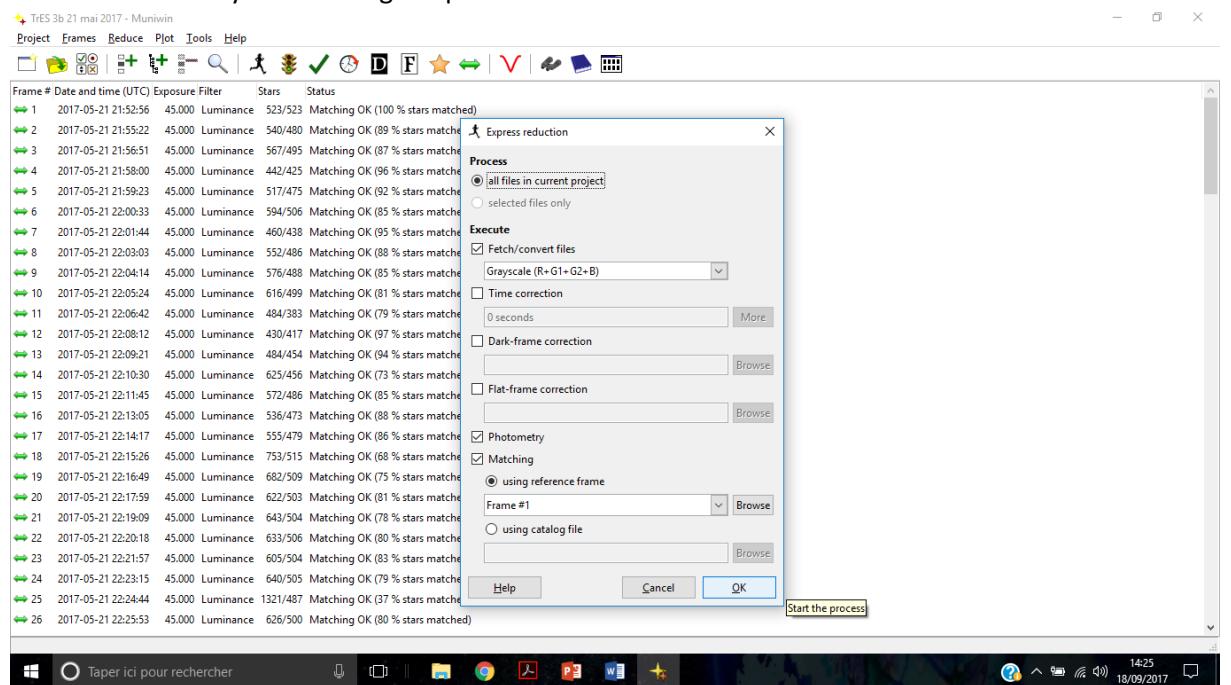
- 6) Frames>Add individual frames. Sélectionner uniquement les fichiers .fits convertis avec PRISM.



- 7) Cliquer sur Express Reduction



- 8) Cocher Photometry et Matching. Cliquer sur OK.



- 9) Nous allons devoir définir des étoiles de référence pour obtenir notre courbe de photométrie. Pour cela tout d'abord, ouvrez Stellarium. Puis faites les réglages suivants :

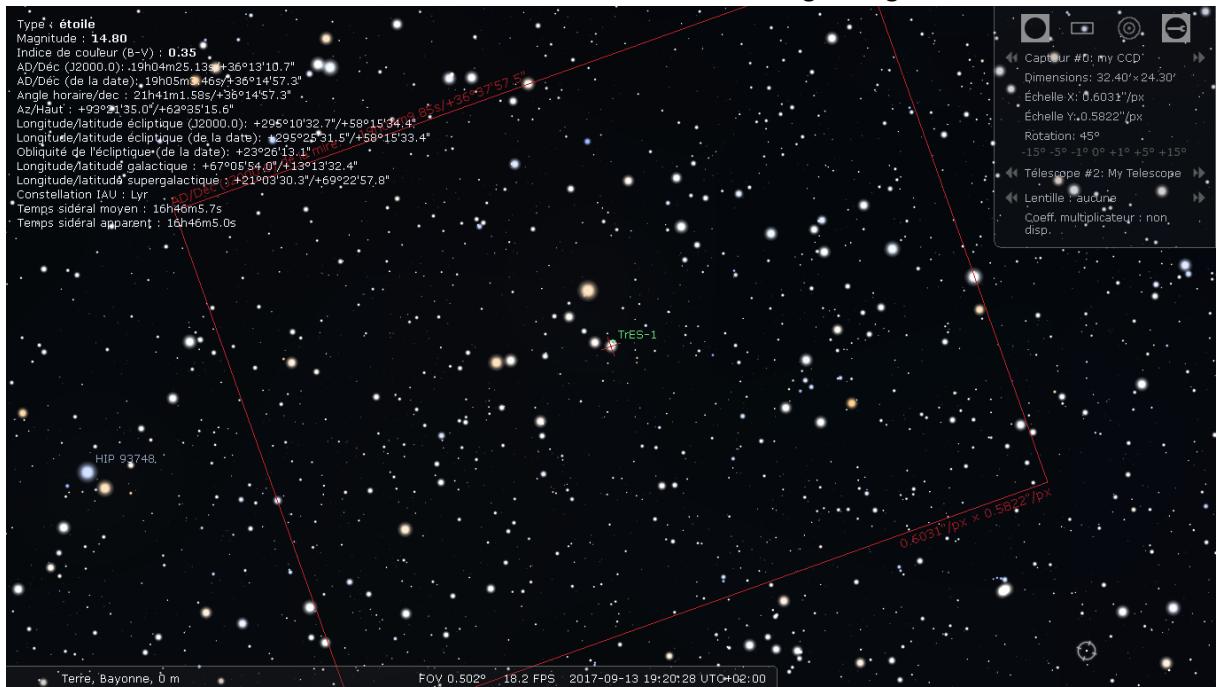
Oculaires

Général	Oculaires	Lentilles	Capteurs	Télescopes	À propos
EOS 450D	Nom:	CCD			
CCD	Résolution x (pixels) :	3223			
	Résolution y (pixels) :	2504			
	Largeur du capteur (mm) :	18,00			
	Hauteur du capteur (mm) :	13,50			
	Largeur pixel (micron) :	5,40			
	Hauteur pixel (micron) :	5,40			
	Angle de rotation (degrés) :	45			
	Binning x :	1			
	Binning y :	1			
	<input type="checkbox"/> Guide hors axe				
	Distance prisme/CCD (mm) :	0,00			
	Hauteur prisme/CCD (mm) :	0,00			
	Largeur prisme/CCD (mm) :	0,00			
	Angle de position (degrés) :	0			

Oculaires

Général	Oculaires	Lentilles	Capteurs	Télescopes	À propos
C1400	Nom:	My Telescope			
80EDF	Distance focale :	1910,00			
My Telescope	Diamètre:	590,00			
	<input checked="" type="checkbox"/> Renversement horizontal				
	<input checked="" type="checkbox"/> Renversement vertical				
	<input checked="" type="checkbox"/> Monture équatoriale				

Ensuite, toujours dans Stellarium, tapez le nom de votre étoile dans la barre de recherche. Les étoiles de référence doivent se situer dans le rectangle rouge.



Lisez alors en haut à gauche la magnitude et l'indice de couleur de votre étoile. Puis en cliquant sur les autres étoiles dans le rectangle rouge, repérez-en 3 ou 4 ayant une magnitude et un indice de couleur proches. Ce seront vos étoiles de référence. Par exemple pour l'étoile TrES-1, nous avons comme magnitude 11.40 et un indice de couleur 0.92.



Les étoiles de référence seront donc les suivantes :

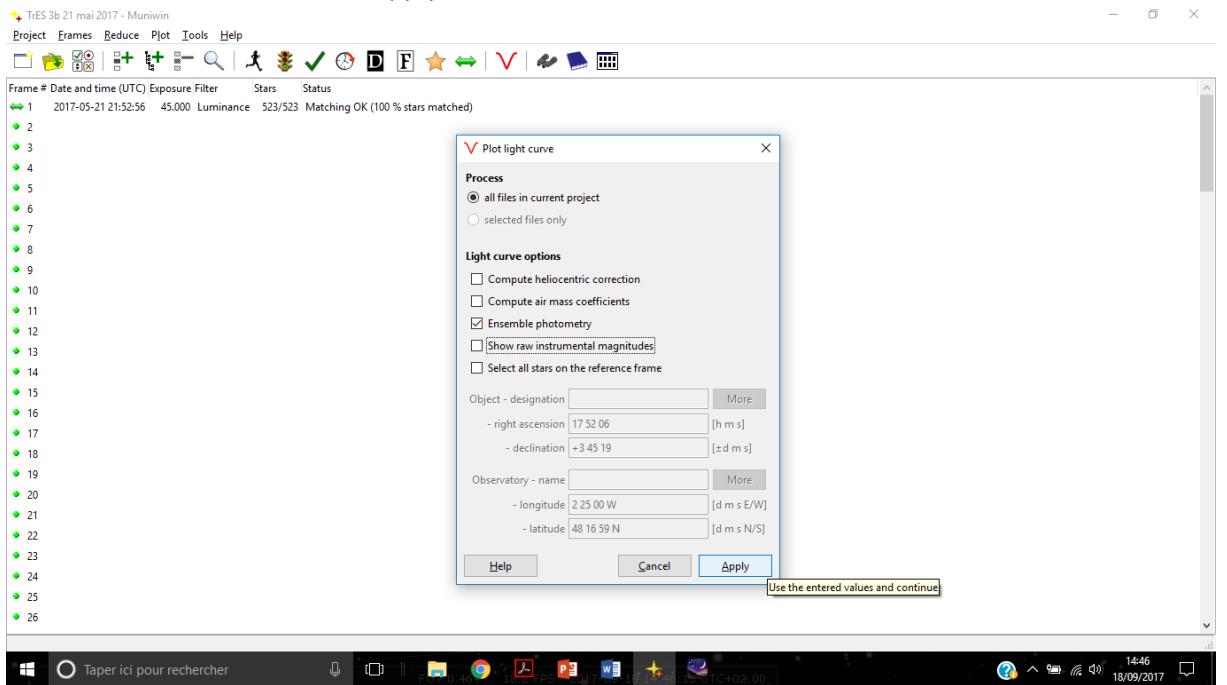




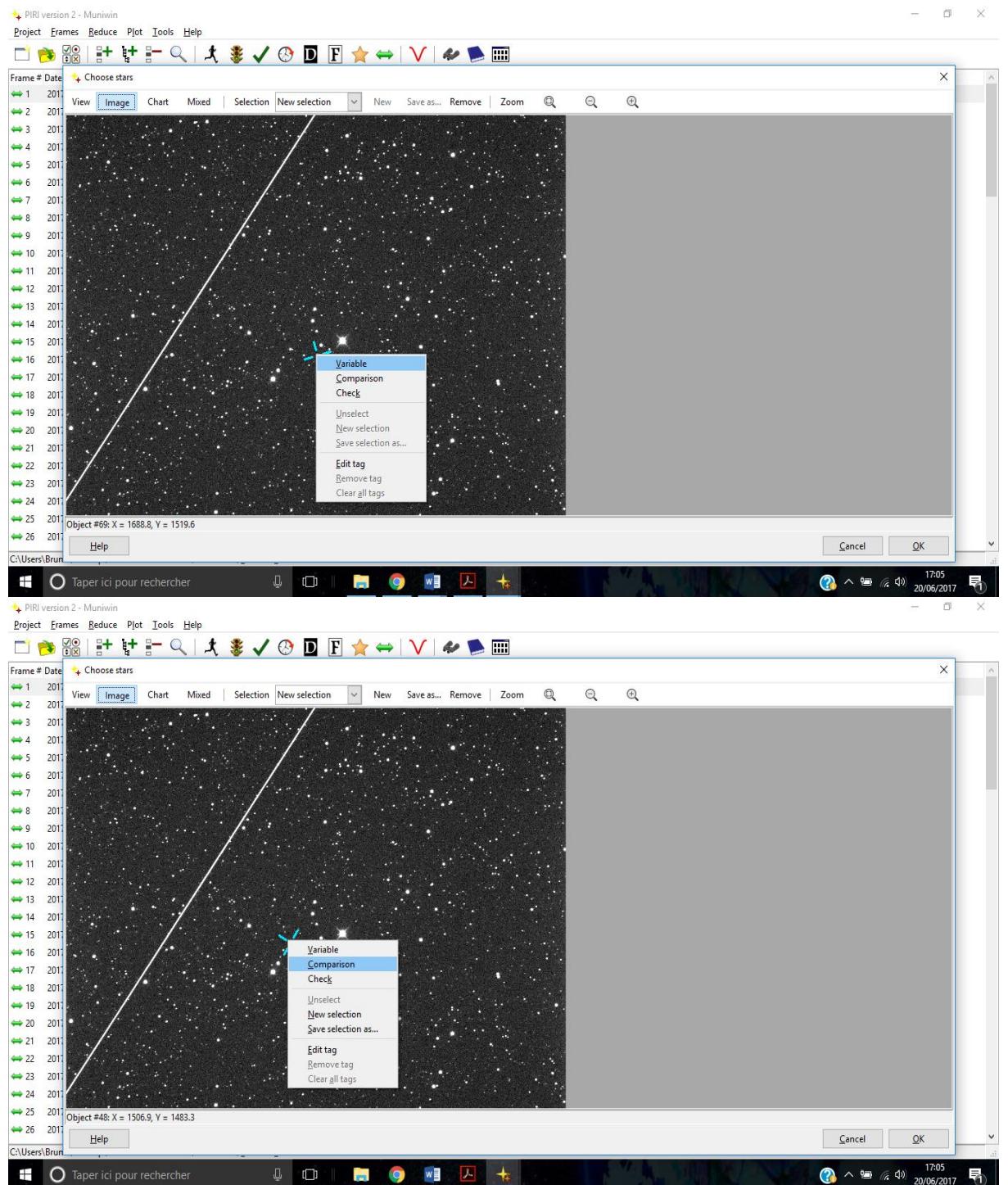
10) Sur Muniwin, cliquer sur Plot Light Curve

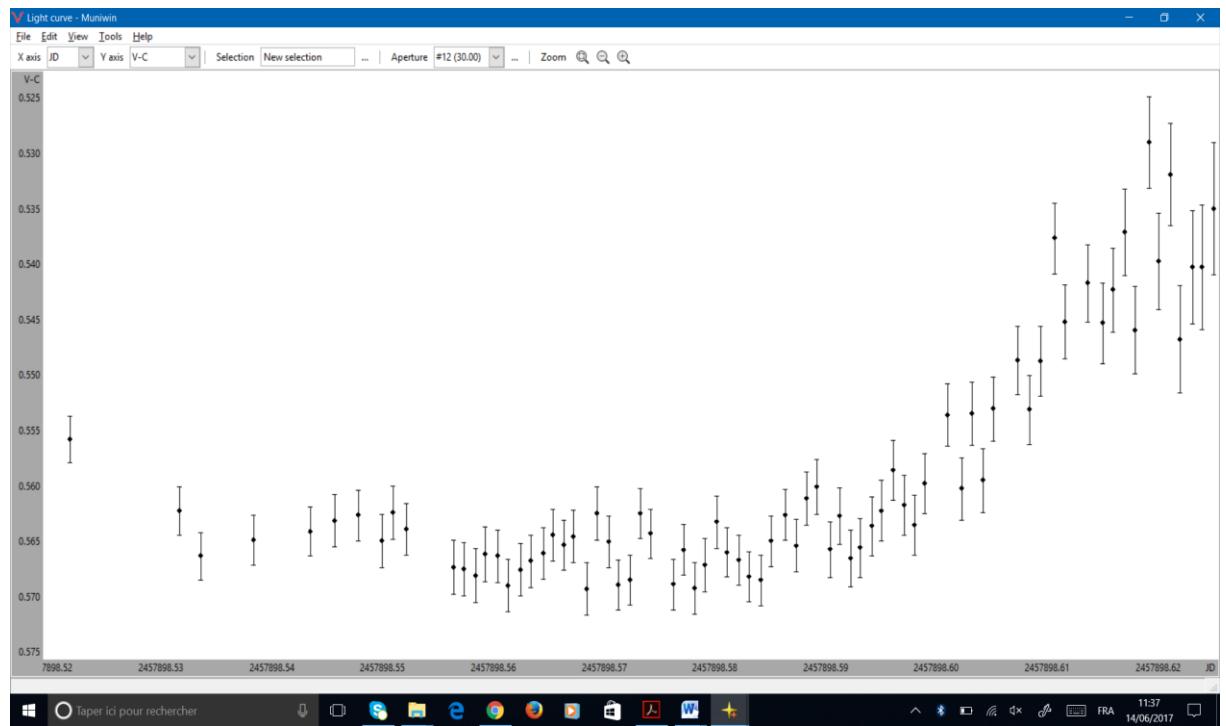


11) Cocher uniquement Ensemble Photometry si vous souhaitez appliquer la méthode de l'étoile variable, ou décochez cette case si vous souhaitez la méthode classique avec une seule étoile de référence. Puis Apply.



- 12) Sur l'image du ciel présentée, il faut repérer votre étoile et les étoiles de référence. Attention, il est difficile d'être précis et d'être sûr d'avoir choisi la ou les bonnes étoiles. Faites un clic droit sur celle que vous pensez être votre étoile et choisissez variable. Puis faites un clic droit sur vos étoiles de référence et sélectionnez comparaison. Vous n'aurez à en choisir qu'une si vous utilisez la méthode classique, et plusieurs si vous utilisez la méthode de l'étoile virtuelle. Puis Validez. Et voilà votre belle courbe !

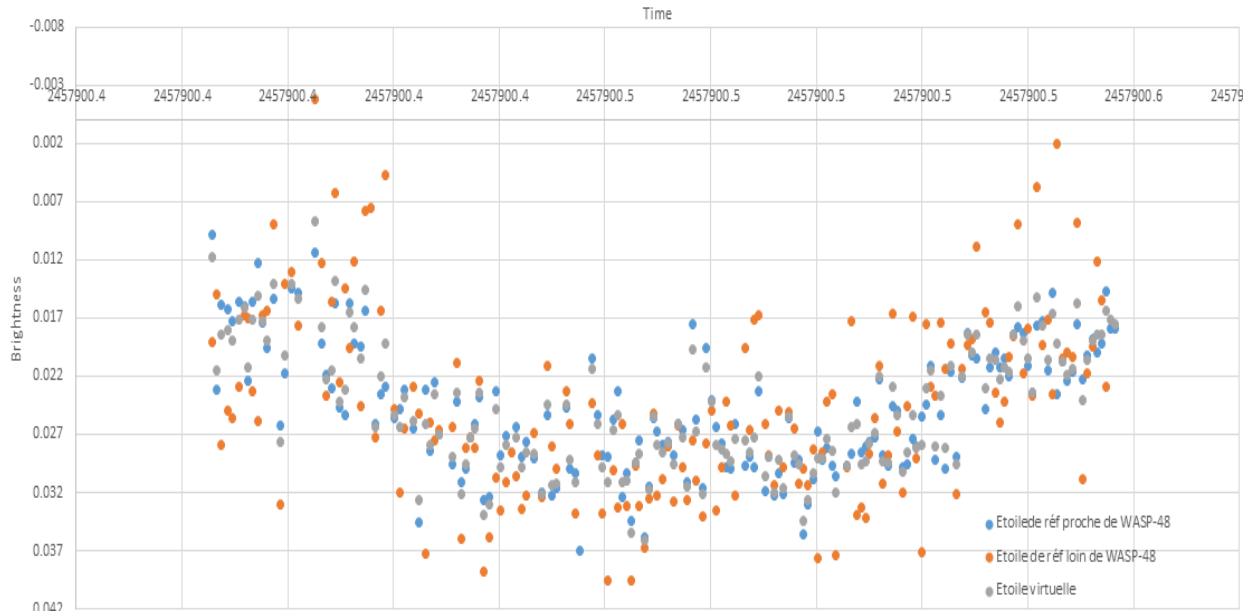




Je vous invite alors à sauvegarder votre courbe en cliquant sur File>Save et entrer le nom de votre fichier au format .txt.

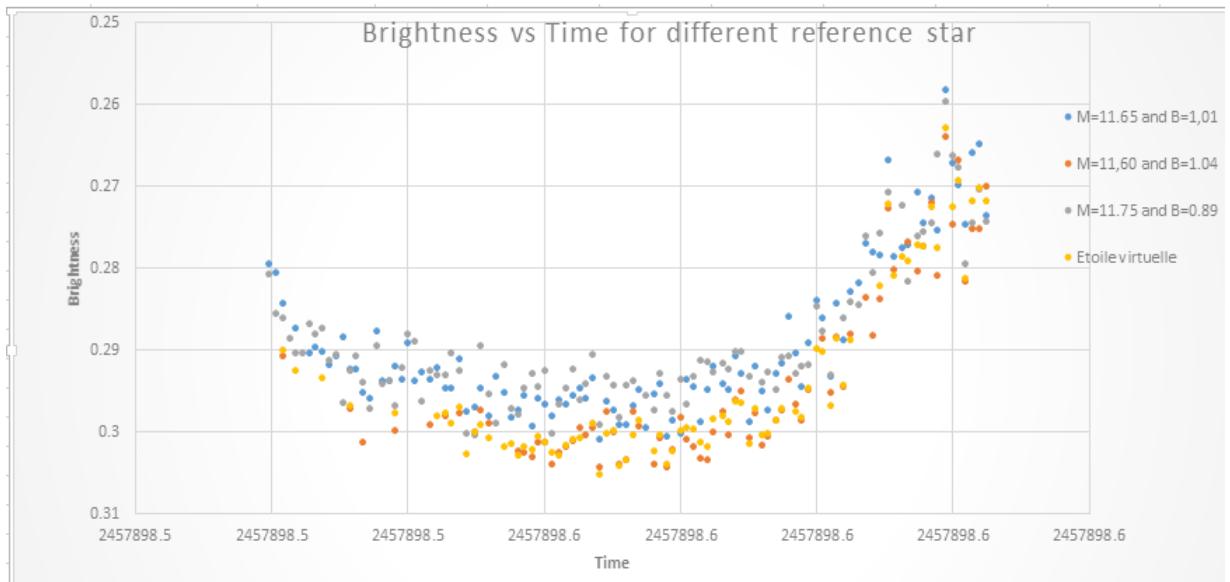
J'ai réalisé toutes ses étapes à partir des données récupérées par le TJMS lors de nos quatre nuits d'observation. Je n'ai malheureusement réussi à obtenir des courbes cohérentes que pour deux des quatre exoplanètes étudiées, TrES-1b et WASP-48b. Le problème pour les deux autres, TrES-3b et KOI-0196b vient de la difficulté d'identifier sur les images Muniwin les étoiles de référence à sélectionner à partir de la carte du ciel de Stellarium.

Pour WASP-48b, j'ai identifié deux étoiles de référence. Une proche de cette exoplanète et une bien plus lointaine. J'ai donc obtenu après traitement par PRISM et Muniwin trois courbes de luminosité en comptant celle correspondant à l'étoile virtuelle. Voici les trois courbes comparées avec Excel :



Comme on peut le constater, la courbe grise qui représente la méthode de l'étoile virtuelle est une moyenne et donc un bon compromis entre les 2 autres méthodes qui utilisent chacune une étoile de référence différente.

Pour TrES-1b, j'avais trois étoiles de référence. Les courbes comparées à l'aide d'Excel donnent :



On peut là aussi constater que la courbe correspondant à l'étoile virtuelle est une moyenne et donc un bon compromis entre les trois autres courbes.

« Fitter » les courbes de luminosité

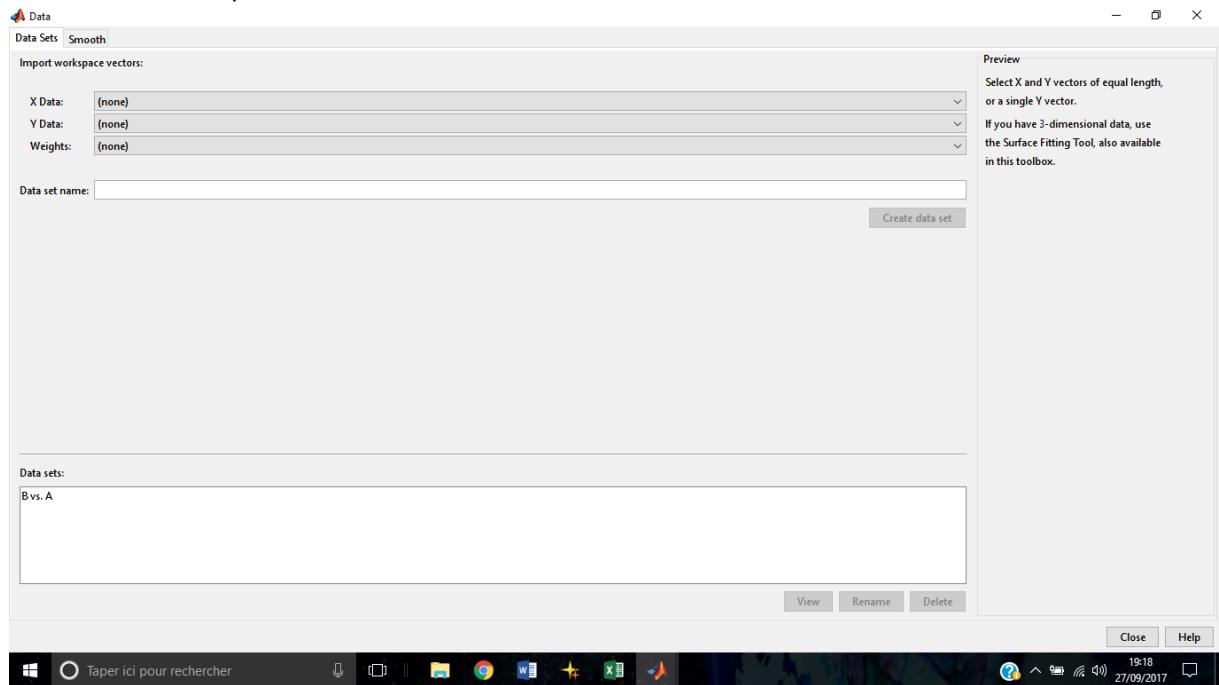
Comme évoqué précédemment et comme vous avez pu le constater ci-dessus, les courbes de luminosité ne sont en fait que des nuages de points. Pour une meilleure compréhension du phénomène de transit il est préférable de tracer une réelle courbe. Il est alors nécessaire de réussir à tracer ce que l'on appelle une courbe de tendance à partir du nuage de points. A partir des données bibliographiques collectées par mon camarade et moi-même, nous avons compris que pour ce type de courbe il était préférable de tracer des courbes de tendance en utilisant la méthode de Fourier.

Après une vaine tentative d'utilisation du logiciel Perando pour réaliser ces courbes à partir des nuages de points, nous avons rédigé un court programme Matlab permettant d'utiliser le logiciel pour réaliser une courbe de tendance à partir de points en utilisant la méthode de Fourier. J'ai alors écrit un deuxième tutoriel expliquant comment s'y prendre pour utiliser notre programme Matlab afin d'obtenir des courbes de tendance :

- 1) Ouvrir le fichier matlab Fitting_courbes.m présent en Annexe 1 et remplacer en ligne 4 par le nom de votre fichier texte. Il est nécessaire pour que le programme fonctionne de supprimer les 2 lignes au début de votre fichier texte donnant des précisions sur le filtre utilisé

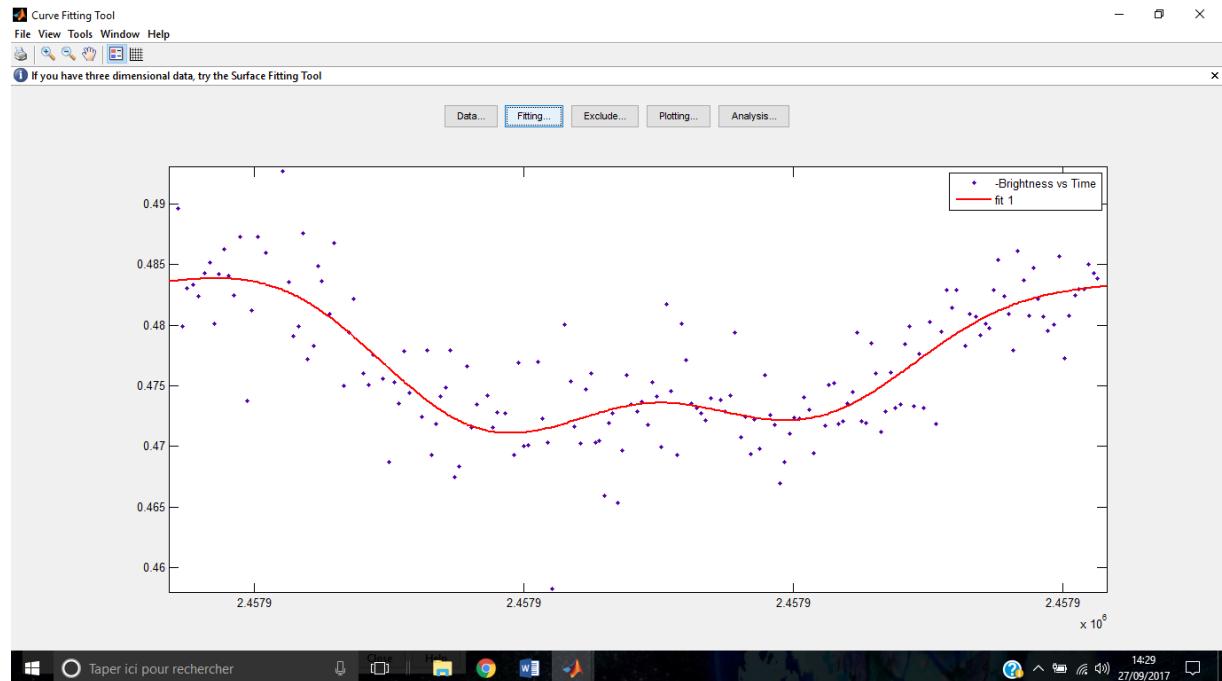
```
WASP-48b 26 mai 2017 avec étoile de réf proche de WASP-48 - Bloc-notes
Fichier Edition Format Affichage
JD V-C s1
Aperture: 12, Filter: Rouge, JD: geocentric
2457900.3858014 0.00986 0.00320
2457900.3866184 0.02322 0.00317
2457900.3874280 0.01586 0.00317
2457900.3887013 0.01624 0.00312
2457900.3896134 0.01727 0.00309
2457900.3907459 0.01558 0.00309
2457900.3917890 0.01603 0.00305
2457900.3925382 0.02241 0.00308
2457900.3933784 0.01560 0.00307
2457900.3943199 0.01230 0.00306
2457900.3951584 0.01747 0.00305
2457900.3961507 0.01962 0.00302
2457900.3973719 0.01542 0.00300
2457900.3986221 0.02625 0.00298
2457900.3995402 0.02179 0.00301
2457900.4006741 0.01440 0.00297
2457900.4020425 0.01480 0.00295
2457900.4052407 0.01141 0.00294
2457900.4064058 0.01921 0.00291
2457900.4072927 0.02192 0.00291
2457900.4082587 0.02301 0.00296
2457900.4090728 0.01576 0.00292
2457900.4098902 0.02465 0.00290
2457900.4109179 0.02535 0.00294
2457900.4117470 0.01570 0.00290
2457900.4125492 0.01922 0.00292
2457900.4138964 0.01941 0.00293
2457900.4147067 0.01640 0.00289
2457900.4165963 0.02615 0.00289
2457900.4176525 0.02349 0.00290
2457900.4184622 0.02296 0.00287
2457900.4202222 0.02554 0.00289
2457900.4212720 0.02483 0.00291
```

- 2) Faire Run sur le programme matlab. Une fenêtre s'ouvre avec des axes et des commandes en haut. Sélectionner Data. Dans le menu déroulant X data sélectionner A et Y data, sélectionner B. Cliquer sur Create Data Set et enfin close.

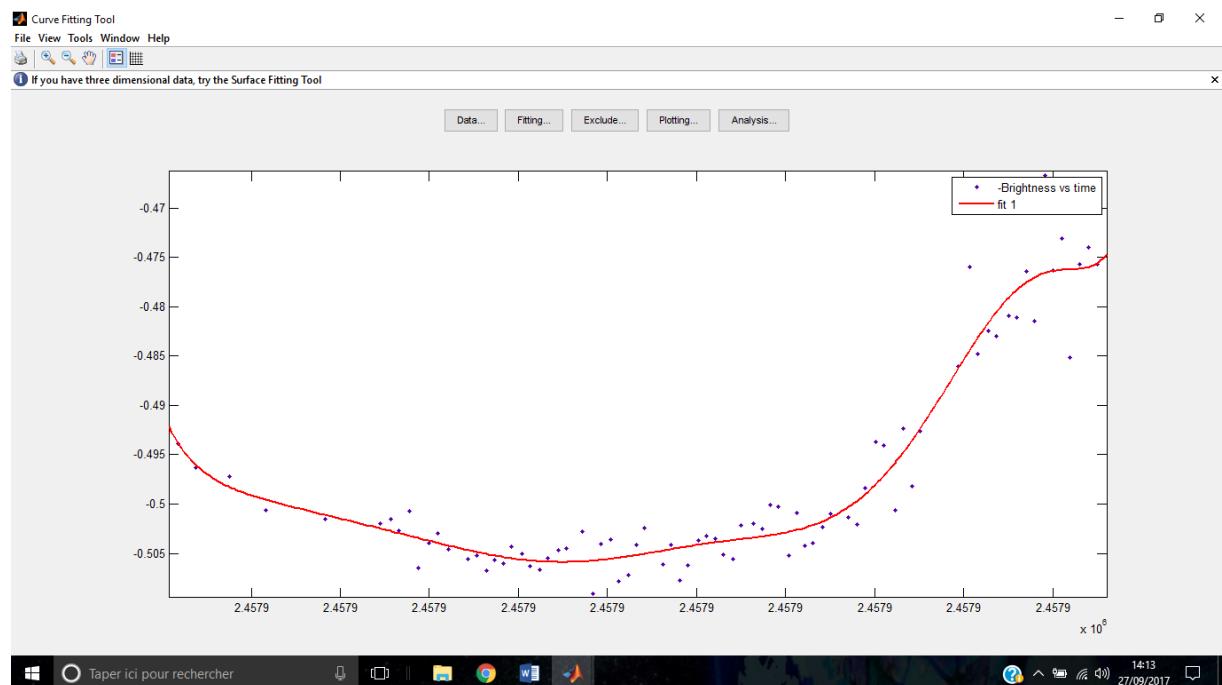


- 3) Cliquer sur fitting. Dans le menu déroulant Data Set sélectionner B vs A. Dans le menu déroulant Type of Fit, sélectionner Fourier. Vous pouvez ensuite essayer à tous les degrés. En général les degrés 3 et 5 sont les plus aboutis car avec un fitting de Fourier de degré inférieur à 3 ou supérieur à 5 on ne voit généralement pas bien le puit ni les paliers d'avant et d'après transit.

J'ai appliqué ce process sur les nuages de points que j'avais préalablement obtenus à l'aide des logiciels PRISM et Muniwin. Les courbes de tendances que j'ai obtenues sont les suivantes. Tout d'abord pour WASP-48b en utilisant la méthode des séries de Fourier au degré 3:



Puis pour TrES-1b :



En utilisant la même méthode en degré 5.

Repérer une étoile variable dans un champ d'étoiles

Avec votre nuit d'observation, vous avez pris une centaine d'images du ciel que vous avez traitées avec PRISM pour éliminer le bruit. Il se peut que parmi les étoiles présentes sur ces images se cache une étoile variable, c'est-à-dire dont la luminosité varie sans qu'une exoplanète ne passe devant. Muniwin est capable de détecter celles-ci.

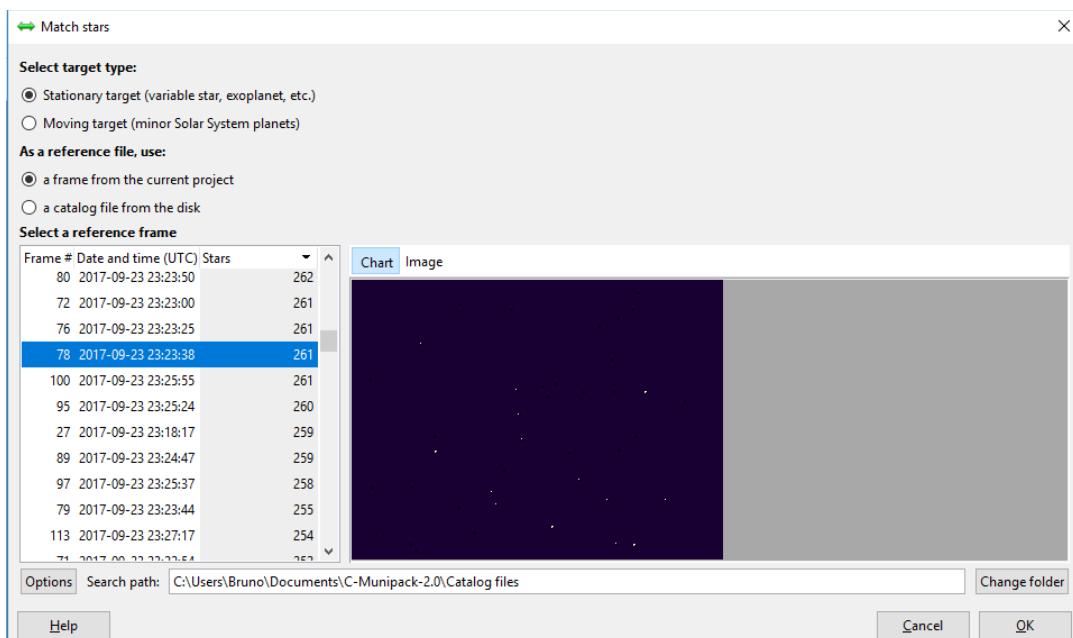
- 1) Vous avez déjà importé vos images prétraitées. Cliquez sur Run photometry



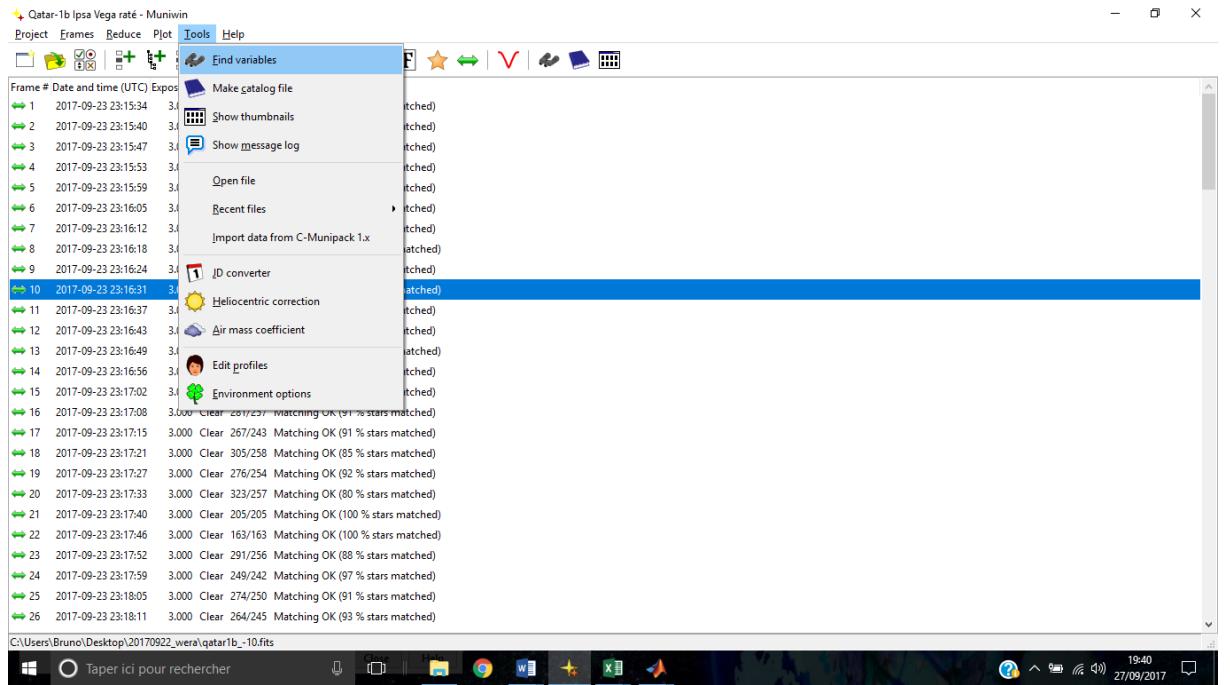
- 2) Puis cliquez sur Run cross-references between photometry files



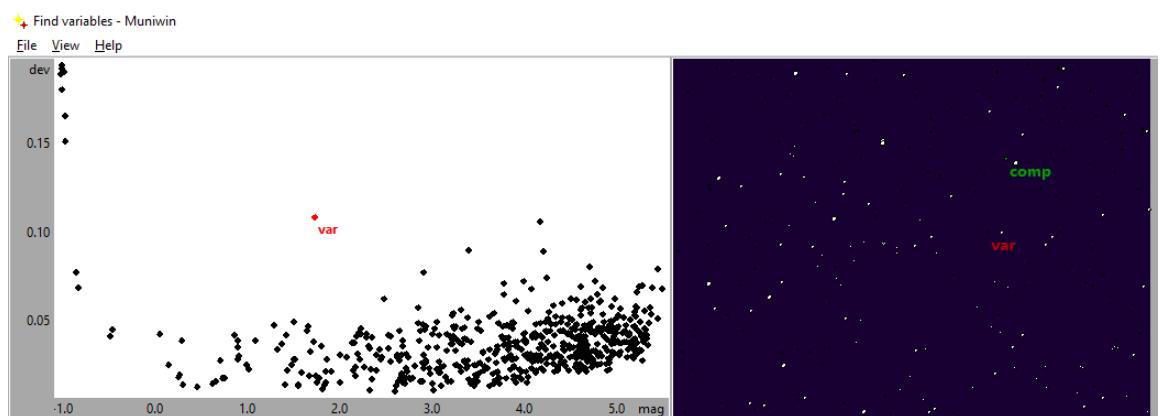
- 3) Ne sélectionnez pas l'image ayant le plus d'étoiles, mais une qui en ait un peu moins. Cliquez sur OK



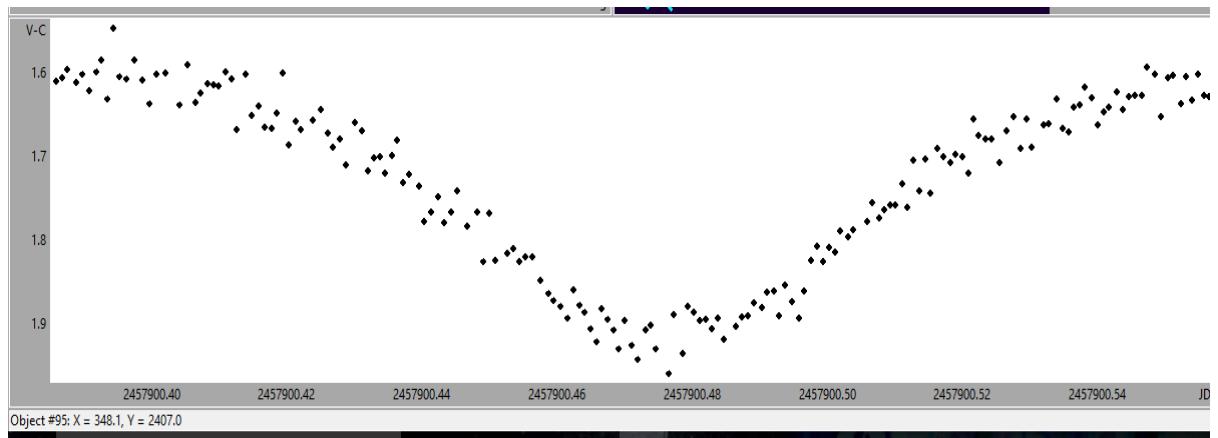
4) Cliquez sur Tools>Find variables



5) Vous obtenez alors une image du ciel et, à sa gauche, une répartition des étoiles en points en fonction de leur luminosité. Si une étoile variable est présente, elle est normalement écartée de la valeur moyenne des autres étoiles. Cliquez donc sur une étoile « loin de la mélée ».



- 6) Vous obtenez alors la courbe de luminosité de cette étoile par rapport à une étoile de référence que vous devez elle aussi choisir. Si l'étoile est variable, la courbe doit ressembler à cela :



La courbe ci-dessus correspond à ce que j'ai obtenu quand j'ai réalisé cette méthode avec les images du ciel prises pendant la nuit d'observation de WASP-48b. Il y avait donc une étoile variable dans le ciel ce soir-là. Cependant comme vous avez pu le constater le logiciel ne donne ni le nom ni les coordonnées de cette étoile. Nous pourrions envisager de déterminer cela en utilisant Stellarium, mais la comparaison entre les portions de ciel sur Muniwin et sur Stellarium est délicate, comme évoqué précédemment.

Conclusion

Ce stage d'un mois était ma première expérience professionnelle dans le domaine de la recherche. Ayant toujours été fasciné par les avancées scientifiques concernant l'observation de l'espace et la découverte très rapide ces dernières années d'un nombre incroyable d'exoplanètes, la réalisation de ce stage m'a permis de mieux comprendre et d'appréhender de façon beaucoup plus poussée la détection d'exoplanètes par la méthode des transits et tout le traitement informatique nécessaire.

Les conditions de travail lors de ce stage étaient également un élément nouveau pour moi. J'avais en effet à réaliser les missions qui m'avaient été affectées avec une grande autonomie. Un travail consistant essentiellement à rechercher des informations, lire des articles scientifiques, explorer et tester des méthodes sur des logiciels que je ne connaissais que très sommairement. Des réunions tous les deux ou trois jours venaient ponctuer ces semaines, afin de faire un bilan de l'avancée des recherches et des difficultés rencontrées et fixer de nouveaux objectifs.

Ces conditions de travail peu habituelles pour moi m'ont permis d'acquérir de nouvelles compétences : un travail en grande autonomie, une bonne connaissance des logiciels PRISM et Muniwin, une idée des écueils à éviter lors de la rédaction d'un tutoriel, d'une fiche méthodologique ou d'une note technique sur un process, et une manière de lire des articles scientifiques et d'en tirer les informations-clés perfectionnée. Je sais désormais également assez précisément comment sont détectées les exoplanètes et quelles sont les incertitudes qui planent sur chaque découverte, ce qui m'aidera par la suite à relativiser concernant les effets d'annonces de découvertes de nouvelles planètes.

Je suis cependant plus attiré et amené à me spécialiser dans la mécanique spatiale, et bien que le fait de déterminer ce qui se passe à des millions d'années-lumière de la Terre me fascine et continuera de me fasciner, la recherche astronomique, ce travail qui peut s'avérer long, fastidieux et ingrat est une branche dans laquelle je n'irai pas. J'ai besoin de plus de concret, de participer de près ou de loin à la fabrication et/ou à la direction d'outils plus proches de nous et plus encrés dans le quotidien comme les satellites ou les missions d'exploration et dans un futur proche d'exploitation de Mars.

J'aimerais toutefois encore une fois remercier madame LEKIC pour sa flexibilité, ainsi que pour l'autonomie et la confiance qu'elle m'a accordées durant ce stage. Il fut grâce à elle très enrichissant et intéressant et la réalisation de missions variées et parfois assez complexes ainsi que les répercussions positives qu'auront je pense mon stage sur l'association Ipsa Vega m'ont donné confiance en moi et conforté dans ma passion et mon choix de spécialisation que représente le spatial.

Annexes

Annexe 1 : le programme Matlab de fitting des courbes de luminosité

```
clc  
clear all  
format long g  
file=fopen('WASP-48b.txt','r');  
formatSpec='%f';  
sizeX=[3 Inf];  
X=fscanf(file,formatSpec,sizeX);  
X=X';  
plot(X(:,1),X(:,2))  
A=X(:,1);  
B=-X(:,2);  
cftool
```

Bibliographie/Webographie

S. Ciceri, L. Mancini, J. Southworth, I. Bruni, N. Nikolov, G. D’Ago, T. Schröder, V. Bozza, J. Tregloan-Reed, and Th. Henning, *Physical properties of the HAT-P-23 and WASP-48 planetary systems from multi-colour photometry*, Astronomy & Astrophysics manuscript , 4 mars 2015

Joseph G. O’Rourke, Heather A. Knutson, Ming Zhao, Jonathan J. Fortney, Adam Burrows, Eric Agol, Drake Deming, Jean-Michel Desert, Andrew W. Howard, Nikole K. Lewis, Adam P. Showman, and Kamen O. Todorov, *Warm Spitzer and Palomar near-IR secondary eclipse photometry of two hot Jupiters : Wasp-48b and Hat-P-23b*, The astrophysical journal, 1er février 2014

C. Püsküllü, F. Soydugan, A. Erdem, E. Budding, *Photometric investigation of hot exoplanets : Tres-3b and Qatar-1b*, arXiv.org, 12 avril 2017

M. Vanko, M. Jakubik, T. Krejcová, G. Maciejewski, J. Budaj, T. Pribulla, J. Ohlert, St. Raetz, V. Krushevska, P. Dubovsky, *New photometric observations of the transiting extrasolar planet Tres-3b*, arXiv.org, 26 août 2011

E.J.W de Mooij and I.A.G Snellen, *Ground-based K-band detection of thermal emission from the exoplanet Tres-3b*, Astronomy & Astrophysics manuscript , 9 juin 2013

Jake D. Turner, Brianna M. Smart, Kevin K. Hardegree-Ullman, Timothy M. Carleton, Amanda M. Walker-LaFollette, Benjamin E. Crawford, Carter-Thaxton W. Smith, Allison M. McGraw, Lindsay C. Small, Marco Rocchetto, Kathryn I. Cunningham, Allison P. M. Towner, Robert Zellem, Amy N. Robertson, Blythe C. Guvenen, Kamber R. Schwarz, Emily E. Hardegree-Ullman, Daniel Collura, Triana N. Henz, Cassandra Lejoly, Logan L. Richardson, Michael A. Weinand, Joanna M. Taylor, Michael J. Daugherty, Ashley A. Wilson and Carmen L. Austin, *Near-UV and optical observations of the transiting exoplanet Tres-3b*, MNRAS Advance Access, 25 octobre 2012

<http://cheops.unibe.ch/fr/science/corot-kepler-vs-cheops/>

Lexique

Exoplanète : désigne une planète qui n'est pas dans notre Système Solaire

Jupiter chaude : planète géante gazeuse de masse comparable ou supérieure à celle de Jupiter et dont la température est supérieure à 1000 K (730 degrés Celsius)

ETD : Exoplanet Transit Database. Site internet regroupant des informations et des publications de courbes de photométrie de transit concernant des exoplanètes.

Résumé

Durant ma quatrième année d'études à l'Ipsa j'ai eu à réaliser un PIRI (Projet d'Initiation à la Recherche et à l'Innovation) ayant pour sujet la validation de transit d'exoplanètes par photométrie différentielle. Un transit est le passage d'une exoplanète entre son étoile et la Terre, ce qui a pour effet de réduire la luminosité reçue sur Terre provenant de l'étoile. Dans ce cadre nous nous sommes rendus au TJMS (Télescope Jean-Marc Salomon) afin de réaliser quatre nuits d'observation et nous avons par la suite traité les données récupérées lors de ces nuits.

En accord avec ma professeure de PIRI, madame LEKIC, j'ai souhaité approfondir mes connaissances concernant ce sujet en effectuant un stage d'un mois.

Les objectifs de ce stage étaient de réaliser une bibliographie complète concernant les quatres exoplanètes étudiées, de retraiter les données acquises lors du PIRI et vérifier leur cohérence avec la théorie, de prendre en main le logiciel Muniwin afin de trouver différentes méthodes pour traiter les données, réaliser une courbe de tendances à partir d'un nuage de points, et rédiger un tutoriel clair et précis concernant l'utilisation des logiciels permettant d'obtenir des courbes de luminosité à partir de données récupérées par un télescope.

La réalisation de ce stage m'a permis de mieux appréhender le monde de la recherche scientifique et de développer ma capacité à travailler en autonomie.

Abstract

During my fourth year at Ipsa I had to realize a PIRI (Project of Initiation to Research and Innovation) whose subject was the validation of exoplanet transit by differential photometry. We call transit the crossing of an exoplanet between its star and Earth. When an exoplanet transits, the luminosity received by observers from Earth decreases. We have done four observation nights at the Jean-Marc Salomon's Telescope, and then we have worked on the data collected during these nights.

In agreement with Mrs LEKIC, my teacher during the PIRI, I wanted to improve my knowledge on this subject by doing an internship with a duration of one month.

I had several goals for this internship. I had to realize a complete bibliography concerning the four exoplanets studied, to work a second time on the data collected during the PIRI and to check their coherence with theory, to improve my skills with the software Muniwin in order to be able to work on data with several methods, to draw a trend curve from the basic light curve already obtained, and to write a clear and specific tutorial concerning the utilisation of the softwares needed to obtain light curves.

Doing this internship brought me a better knowledge of the scientific research and improved my capacity to work with autonomy.