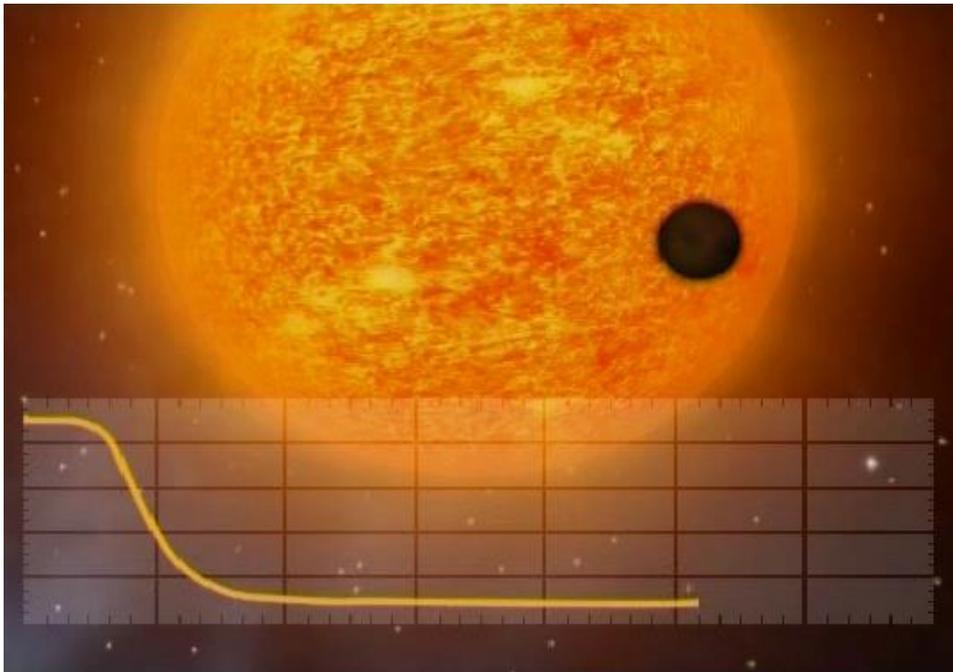


*Guide pour ceux qui veulent se lancer dans*

*L'observation d'un transit d'exoplanète*

*.... Une méthode simple, juste un peu rigoureuse ...*



*Bruno Dauchet juin 2014 version 1*

# Mémo exoplanète

## **Introduction**

L'idée de ce mémo est venue après une mission au Pic du midi effectuée par une équipe de quatre « missionnaires » du club Albiréo 78, dont font partie deux membres du GST du TJMS. Au cours de cette mission, deux transits d'exoplanètes ont pu être observés et il nous a semblé utile d'écrire une procédure pour les utilisateurs du TJMS (...et les autres ...) qui souhaitent « tenter l'aventure ».

Ce document n'a pas pour objectif de faire un cours sur les exoplanètes mais bien d'être un guide pratique, en quelque sorte une « check list », qui, si elle est suivie de manière rigoureuse, garantit presque à 100% l'observation d'un transit d'exoplanète.

Ce document s'articule en sept chapitres :

1. Le choix de la « cible »
2. Les conditions d'observation et le matériel
3. La prise de vues
4. Le paramétrage du logiciel Muniwin pour la création des « light curves »
5. L'envoi des données au site de l'ETD
6. La check list
7. Conclusion

## **1 Le choix de la cible**

Le site de l'ETD (Exoplanet Transit Database) est incontestablement une aide précieuse pour la préparation de la soirée d'observation et le choix de la cible

<http://var2.astro.cz/ETD/>

Sur la page d'accueil, cliquer sur l'onglet « transit predictions »



### **ETD - Exoplanet Transit Database**

[Observers community](#) | [How to contribute to ETD](#) | [Model-fit your data](#) | [Transit predictions](#) | [KEPLER Transit predictions](#) | [KEPLER Candidates](#) | [CoRoT Transit predictions](#) | [CoRoT Candidates](#)

La page suivante apparaît :

[Observers community](#) | [How to contribute to EID](#) | [Model-fit your data](#) | [Transit predictions](#) | [KEPLER Transit predictions](#) | [KEPLER Candidates](#) | [CoRoT Transit predictions](#) | [CoRoT Candidates](#)

Your ELONGITUDE (in deg):	<input type="text" value="4"/>	0° - 360°	<input type="button" value="submit"/>
Your LATITUDE (in deg):	<input type="text" value="49"/>	90° - 0° - -90°	

**Available predictions:** (UT evening date)

2014-01- 22, 23, **24**, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31,  
2014-02- 01, 02, 03, 04, 05, 06, 07, 08, 09, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22,

**User defined time span:** From:  Till:

Transits predictions for ELONGITUDE: 4° and LATITUDE: 49°

OBJECT		BEGIN (UT/h,A)	CENTER (DD.MM. UT/h,A)	END (UT/h,A)	D (min)	V (MAG)	DEPTH (MAG)	Elements Coords
<b>Kepler-4 b</b>	Dra	15:39 42°,NW 56682.1522	<b>24.01. 17:46</b> <b>26°,NW</b> 56682.2407	19:54 15°,NW 56682.3293	255	12.6	0.0009	54956.6127+3.21346*E RA: 19 02 27.7 DE: +50 08 8.7
<b>WASP-33 b</b>	And	16:36 73°,SE 56682.1923	<b>24.01. 17:58</b> <b>79°,S</b> 56682.2489	19:19 71°,SW 56682.3055	163	8.3	0.0151	54163.22373+1.2198669*E RA: 02 26 51.08 DE: +37 33 02.5
<b>HAT-P-32 b</b>	And	16:33 81°,E 56682.1900	<b>24.01. 18:06</b> <b>84°,W</b> 56682.2548	19:40 68°,W 56682.3195	186.5	11.29	0.0215	54420.44637+2.150008*E RA: 02 04 10.24 DE: +46 41 16.8

L'exemple correspond à la région parisienne (« longitude », mesurée dans le sens vers l'est de 4°, latitude 49°... il n'est pas nécessaire d'être plus précis pour la position que le degré)

Il est possible de choisir la date de l'observation, dans l'exemple ci-dessus, le 24 janvier 2014.

Les résultats sont ensuite présentés de manière assez claire, en mentionnant les transits d'exoplanètes observables, les heures (TU) de début, de milieu et de fin du transit, ainsi que la durée totale, la magnitude de l'étoile et la « profondeur » du transit. Dans l'exemple donné ci-dessus, Kepler-4b a une profondeur de 0,0009 mag et HAT-32b de 0,0215 ....***Il est vivement conseillé de débiter avec des profondeurs de l'ordre de 0,02 mag***

La dernière colonne présente les coordonnées de l'étoile qui vous serviront pour le pointage sur votre « carte du ciel » et votre télescope.

Il ne vous reste plus qu'à choisir votre « cible » et de cliquer sur votre choix. Dans cet exemple, nous prendrons Wasp-33b (nous reviendrons plus en détail au chapitre **3 La prise de vue** sur l'utilisation plus précise de ces données pour le choix de la cible).

---

[Observers community](#) | [How to contribute to ETD](#) | [Model-fit your data](#) | [Transit predictions](#) | [KEPLER Transit predictions](#) | [KEPLER Candidates](#) | [CoRoT Transit predictions](#) | [CoRoT Candidates](#)

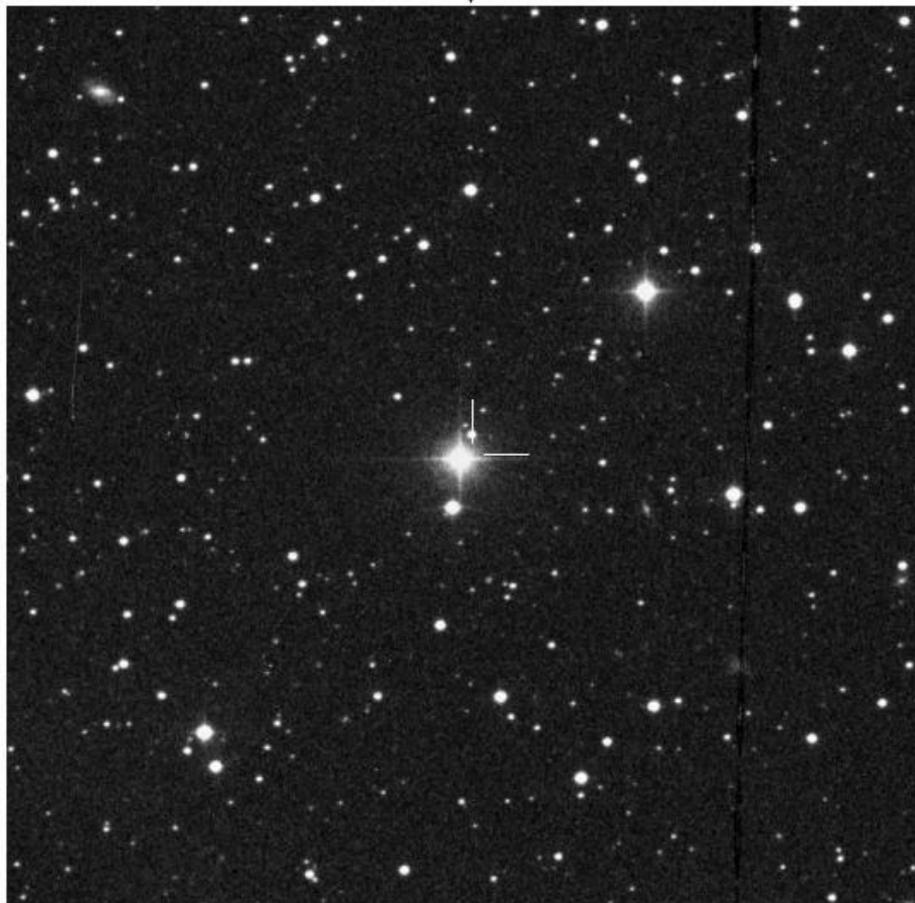
---

### WASP-33 b (And)

RA (J2000): 02 26 51.08, DE (J2000): +37 33 02.5,  
V = 8.3 mag, dV = 0.0151 mag, duration = 163 minutes

Computed for user defined orbital elements:

Per =  d, T0(HJD) =



La case « compute » vous permet de connaître, pour les 365 jours à venir, les prévisions d'observation pour votre étoile sélectionnée.

Votre choix d'étoile est fait, il ne vous reste plus qu'à à la repérer sur votre logiciel astro (prism, carte du ciel, The sky, ..) .

L'image présentée ci-dessus est obtenue à partir du DSS (Deep Sky Survey) et a pour champ 15'X15'.

## **2 Les conditions d'observation et le matériel**

**2.1 Le lieu d'observation** : bien sûr, il est préférable d'être au Pic du Midi, mais un ciel bien noir n'est pas un impératif... Bruce Gary un « expert » en matière d'exoplanètes a réalisé de nombreuses mesures depuis son jardin situé en ville à Santa Barbara (USA).

**2.2 Le seeing** : si un très bon seeing est toujours un avantage, ce n'est pas un impératif. De la même façon, le seeing moyen constaté par Bruce pour des poses de 30 à 60 secondes lors de ses mesures en Arizona était de 3 arcsec. Le site « meteoblue », « astronomy seeing » vous donnera en fonction de votre lieu d'observation les prévisions de seeing.

<http://www.meteoblue.com/en/france/weather-paris/seeing>

**2.3 Le télescope** : Un 200mm [8 pouces) permet de mesurer les transits d'exoplanètes les plus lumineux (jusqu'à magnitude 12). Néanmoins, pour la grande majorité des transits, un 350mm (12 pouces) ou plus !!) semble plus approprié.

**2.4 La caméra** : une caméra CCD 16 bits est indispensable. Par ailleurs, deux paramètres sont à prendre en considération :

- Des images ne peuvent pas être utilisées en photométrie si les pixels définissant les étoiles servant à l'analyse sont saturés ce qui se produit pour une valeur de 65535 ADU.
- De la même façon, si le seuil de linéarité de la CCD est atteint (cf. courbe de rendement quantique de la CCD), les images ne seront pas exploitables. Une bonne règle d'approximation, si ce seuil n'est pas connu, est de prendre comme valeur entre la moitié et les 2/3 de la valeur max soit entre 35000 et 43000 ADU

**2.5 Les filtres** : l'utilisation d'un filtre permet de limiter les effets de couleur en fonction de la masse d'air (absorption différentielle liée à la température des étoiles de référence et de la cible).

Si l'utilisation d'un filtre "rouge" a longtemps été considérée comme un bon choix par défaut, les recommandations de Bruce Gary nous conduisent à suggérer la « stratégie » suivante :

- Pour les télescopes jusqu'à 400mm (14 pouces) : l'utilisation d'un filtre CBB (clear with blue blocked) est le choix par défaut à privilégier
- Les exceptions à cette règle sont les suivantes :
  - Les observations à faible hauteur (aux environs des 30°)
  - Les observations lors de quasi pleine lune

- Dans les deux cas précédents, un filtre NIR (near infra-red) est largement préférable.
- Si aucun des deux filtres CBB ou NIR ne sont disponibles, on utilisera un filtre « R », sous réserve que le rapport signal/ bruit soit suffisant

*Remarque : la profondeur mesurable du transit se calcule avec la formule simple « depth » =  $1/(S/B)$ . Avec un rapport S/B de 100, on peut mesurer un transit de « profondeur » 0,01mag*

Le rapport signal sur bruit S/B est également appelé SNR( signal to noise ratio cf § 4.3.1)

Pour les plus gros télescopes (600 mm (20 pouces) TJMS, T60...) le problème se pose moins, le rapport S/B étant de toute façon important. En conséquence, sur ces télescopes, l'utilisation d'un filtre sera systématique.

**2.6 L'autoquidage :** l'autoguidage est essentiel pour pouvoir réaliser des « light curves » de qualité. L'intérêt de l'autoguidage est de rester sur le même pixel tout au long de la prise de vue et donc ne pas subir les différences de réponses (rendement quantique) d'un pixel à l'autre...

### **3 La prise de vue :**

**3.1 Affiner son choix :** Nous avons vu au premier chapitre l'utilisation du site de l'ETD pour le choix de l'exoplanète ... Mais il est important de prendre en compte les paramètres suivants.

- Le temps total de la prise de vue : le site de l'ETD nous donne le temps du transit, auquel il convient d'ajouter au minimum 2 heures (une heure avant le transit et une heure après), afin de « caler » la ligne de base du transit( matérialiser les paliers avant et après le transit) et d'affiner les réglages (FWHM, mesure de flux).
- La hauteur de la prise de vue : si l'on reprend l'exemple donné au chapitre 1, Wasp-33b est idéalement placée avec des hauteurs allant de 73° (début de transit) à 71° (fin de transit). Par contre, Kepler-4b, avec une hauteur de fin de transit à 15°, sans compter l'heure supplémentaire, n'est pas un choix judicieux.

### **3.2 Le choix du temps de pose :**

Le choix du temps de pose est capital pour notre mesure de transit d'exoplanète. Le temps de chargement des images sur une caméra CCD est au minimum de 10 sec. Si le temps de pose est court, de l'ordre de 30 sec par exemple, 1/3 de la soirée sera passée à charger les images. A contrario, s'il est trop long (4 minutes par exemple), une image de mauvaise qualité, rejetée par la suite lors du traitement entrainera un « trou » sur la « light curve » et

une perte d'information si cette image se situe sur le début et la fin du transit. Un bon compromis consiste à choisir des temps de pose entre 1 et 2 minutes, tout en respectant le critère suivant.

Comme nous l'avons dit précédemment, aucun pixel ne doit être saturé (max ADU 65235, sachant qu'il est idéal de se situer dans la limite de linéarité de la CCD ). Or notre séance de prise de vues va sans aucun doute durer plusieurs heures. Il est indispensable de prendre en compte la variation du flux (ADU) et de s'assurer qu'aucun pixel ne sera saturé au cours de la soirée en fonction de la variation de hauteur de l'étoile (influence de l'« airmass ») .

Les seuls calculs que vous aurez à effectuer au cours de votre séance de prise de vues sont les suivants :

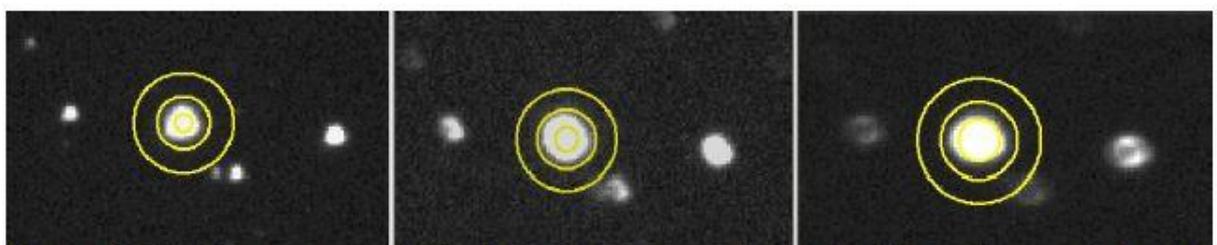
$$\text{Max Pixel}_{h2} = \text{Max pixel}_{h1} \times (\text{Airmass}_{h1} / \text{Airmass}_{h2})^{\exp(2/3)}$$

$$\text{Et Airmass} = 1 / \sin(\text{hauteur})$$

Exemple : en début de soirée, pour une hauteur H1 de 20° (soit une valeur d'airmass de 2,92), on mesure sur l'étoile cible, pour une pose de 90 sec, une valeur de « max pixel » de 35000. Si la hauteur maximum atteinte H2 est proche du zénith au cours de la soirée (airmass =1), on obtient une valeur Max pixel<sub>h2</sub> de 71 565, soit une étoile largement saturée. Il conviendra de réduire le temps de pose pour s'assurer de ne pas perdre une partie des prises de vue.

Une feuille « excel » jointe à ce document vous permettra de réaliser facilement ces calculs.

### 3.3 Focus : est-il nécessaire de rechercher un focus « parfait » ?



**Figure 10.01.** Sharp image, slightly defocused image and greatly defocused image. The inner photometry aperture has been adjusted to include 98% of the total flux. The stars have FWHM of 2.7, 4.3 and 6.5 pixels. Cmax = 31, 10 and 6.9 kct.

Nous ne sommes pas dans le domaine de l'imagerie où la recherche de la meilleure FWHM est un objectif. Les trois images ci-dessus, tirées du livre de Bruce Gary, montrent qu'en défocalisant légèrement (image 2), on réduit de manière significative le Cmax (Pixel max), ce qui évitera la saturation lors du passage à la plus grande hauteur de l'étoile cible .

### 3.4 FWHM :

La recherche de la meilleure FWHM n'est pas un objectif. Il est conseillé de travailler avec une FWHM de l'ordre de 3 à 5 pixels pour les cibles faiblement lumineuses (jusqu'à mag 10) et de 5 à 15 pixels pour les plus lumineuses, sans pour autant voir apparaître l'ombre du miroir secondaire. La surveillance du focus à intervalles réguliers (toutes les 20 minutes environ), par l'intermédiaire de la FWHM est indispensable. Une dérive de la FWHM peut-être un indicateur de la présence de cirrus ou de dépôt d'humidité sur le miroir. En tout état de cause, si un réglage du focus s'avère nécessaire, il importe de *refocaliser en utilisant la valeur de FWHM déterminée en début de soirée, corrigée de la valeur de l'airmass.*

$$FWHM_{h2} = FWHM_{h1} \times (AirMass_{h2}/AirMass_{h1})^{exp(1/3)}$$

Exemple: en début de soirée on mesure une  $FWHM_{h1}$  de 4 pixels, pour une hauteur de 20° (airmass =3). Si la cible passe au zénith pendant le transit, la FWHM au zénith devrait être proche de 2,8 pixels ( $FWHM_{90^\circ} = 4 \times (1/3)^{exp(1/3)}$ )

La feuille « excel » jointe à ce document vous permettra de réaliser facilement ce calcul.

### 3.5 Le choix du binning :

Le seeing moyen sur votre lieu d'observation peut être estimé à partir de votre expérience ou de prévisions obtenues sur le site « meteoblue ». Sachant que pour réaliser une mesure de photométrie on utilisera une FWHM de l'ordre de 3 pixels, on peut en déduire le binning à utiliser.

Exemple : le seeing moyen de votre lieu d'observation est de 3 arcsec. L'échantillonnage (angle vu par un pixel) ne doit pas dépasser  $3 \text{arcsec}/FWHM = 1 \text{arcsec}$ .

L'échantillonnage de votre matériel peut facilement être calculé par la formule  $e = 206P/F$ , avec P=taille d'un pixel (micron) et F= focale du télescope (mm). Si les pixels de votre caméra font 5 microns et que la focale du télescope est de 2000mm, l'échantillonnage sera de 0,5 arcsec. Dans cet exemple l'utilisation du binning 1X1 est préférable, mais le binning 2X2 est dans ce cas acceptable.

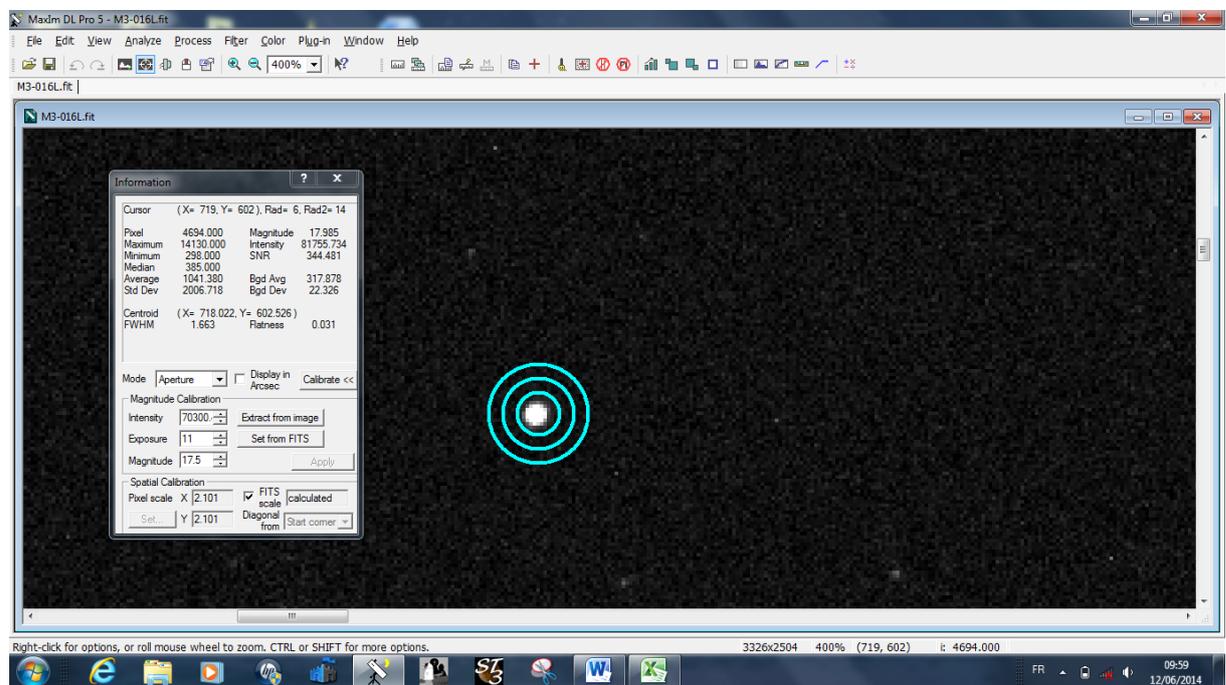
Un autre cas où le binning 2X2 est préférable est celui du temps de pose très court (le temps de chargement d'une image en binning 2X2 est quatre fois plus faible qu'en binning 1X1)

3.6 Auto guidage : les prises de vue vont durer sans doute plusieurs heures, et pour éviter une « rotation » du champ ayant pour conséquence des erreurs dans la mesure du

flux de l'étoile de référence, il conviendra de rechercher une étoile guide le plus près possible de l'étoile cible.

**3.7 Flat , darks, bias:** nous ne reviendrons pas sur les différentes façons de réaliser les flats,darks et bias mais cette étape est indispensable pour s'assurer une photométrie de qualité ... Alors, soignez cette étape et prévoyez une série (en nombre impair pour les calculs de médiane) d'environ 25 flats, 100 bias et 50 darks ;

**3.8 Première image :** Votre soirée débute, vous avez effectué les premiers réglages. Votre logiciel (Prism, CCD soft, Maxim DL...) doit vous donner une image qui ressemble à la suivante.



Vous retrouvez les informations suivantes :

- FWHM
- SNR (rapport signal bruit conforme à l'objectif)
- Valeur maxi et mini des pixels à l'intérieur du premier cercle de photométrie
- La magnitude de l'étoile
- Photométrie: le premier cercle a un rayon d'environ 3 fois la FWHM, ce qui permet de prendre en compte 99% du flux
- Le fond de ciel (entre le deuxième et le troisième anneau) ne doit comporter aucune étoile

**3.9 La méthode :**

- Effectuer une première prise de vue (temps de pose entre 1 et 2 minutes)
- Chercher le focus permettant d'obtenir une FWHM de l'ordre de 3 à 15 pixels, en fonction de la luminosité de l'étoile
- Vérifier le flux obtenu (valeur du pixel le plus lumineux de l'étoile)
- Calculer le flux atteint lors du passage à la plus grande hauteur (feuille de calcul excel)
- Ajuster si besoin le temps de pose pour éviter la saturation et se rapprocher du flux max, (tout en restant dans la limite de linéarité de la caméra) pour obtenir le meilleur rapport S/B

Vous êtes prêts, il ne vous reste plus qu'à surveiller vos paramètres pendant les (quelques) heures du transit....Bon courage pour votre (longue) nuit !!

## **4 Le paramétrage du logiciel « Muniwin »**

Il existe plusieurs logiciels permettant de réaliser des réductions photométriques et de tracer des « light curves » (maxim DL, Calaphot, Muniwin). Muniwin semble bien adapté et (relativement) simple d'utilisation, sachant qu'un « apprentissage » personnel est indispensable (le tutoriel est bien réalisé). Nous en détaillerons quelques aspects ci-après.

Le logiciel (gratuit) peut être téléchargé à l'adresse suivant :

<http://sourceforge.net/projects/c-munipack/files/>

La dernière version est C-Munipack 2.0

Le tableau de bord du logiciel se présente de la façon suivante :



Le principe est d'utiliser les icônes dans l'ordre de présentation.

### **4.1 Paramétrage :**



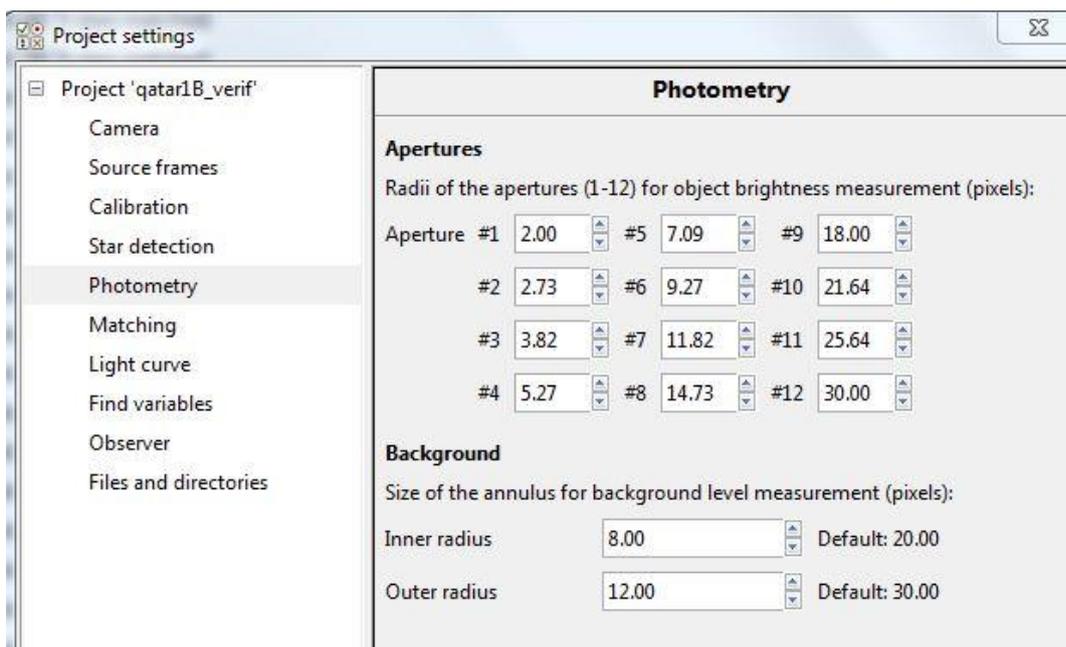
Cet icône vous permettra de paramétrer votre logiciel en fonction de vos prises de vue. Nous détaillerons ci-après quelques réglages essentiels :

#### **4.1.1 Star detection :**



Le paramètre « filter width (FWHM) » est particulièrement important et doit être ajusté en fonction de la FWHM de vos images.

#### 4.1.2 Photometry :



Le choix de « l'aperture » n'est pas prépondérant puisqu'il pourra être modifié tout au long du traitement. Par contre, le choix de « l'Inner et Outer radius », pour la mesure du fond de ciel (background) est primordial. Nous reviendrons plus tard sur ce choix qu'il est difficile de faire à ce stade.

4.1.3 Matching : les paramètres par défaut peuvent être dans un premier temps conservés



Les Quatre onglets suivants n'amènent pas de commentaires particuliers.

## **4.2 Traitement :**



Cet onglet vous permettra de traiter de manière automatique les six onglets suivants :



(Transformation au format de travail, correction de date et heure, correction de dark et flat, photométrie, corrélation entre images « matching »)

Remarque : Muniwin travaille avec des fichiers « .fit(fits) ». Si vous travaillez avec « Prism » il vous faudra au préalable convertir vos fichiers « .cpa », en « .fit ».

Vous pouvez appliquer vos corrections de dark et flat de manière indépendante et utiliser ensuite les onglets :



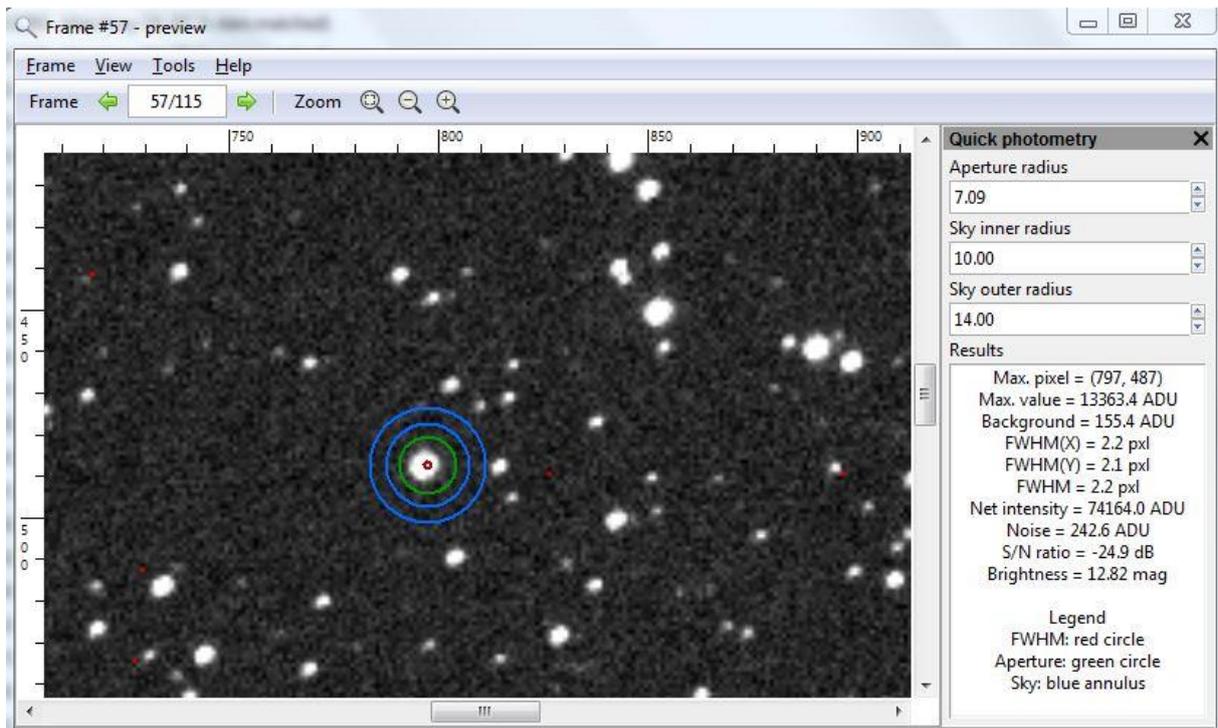
Remarque : si au cours du « matching » trop d'images sont rejetées, revenir à l'onglet « paramétrage » et modifier les paramètres (read stars, identification stars, clipping factor)

## **4.3 Light curve :**

### **4.3.1 Préambule :**

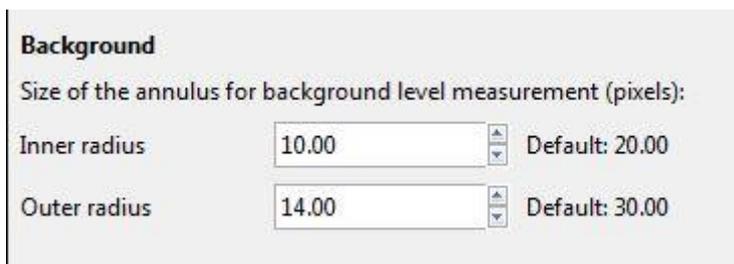
Avant de procéder à la réalisation de la « light curve », il nous faut revenir sur les critères de « inner et outer radius background »

Faire un « double clic » sur une image de la séquence « matching ». En sélectionnant « Tools, quick photometry », puis en cliquant sur l'étoile choisie, on obtient la fenêtre suivante :



En regardant cette image, l'intérêt évident des cercles « background » apparaît. Il conviendra de choisir des rayons excluant toute étoile. Cette remarque s'applique également aux étoiles de comparaison (« comp ») et vérification (« check »), dont nous reparlerons après.

Nous avons vu au chapitre « 4.1 Photometry » que les paramètres du « background » étaient pré-réglés. Si, en accord avec l'exemple ci-dessus vous avez décidé de prendre d'autres valeurs pour le « background », vous devez modifier ces paramètres dans l'onglet photometry et relancer un calcul



Puis onglet  ensuite relancer le « matching » 

L'« aperture radius » est tel qu'il contient tout le flux de l'étoile. On peut constater qu'un choix de l'ordre de 3 fois la FWHM est une très bonne approximation (dans l'exemple ci-dessus, FWHM=2.2 et « aperture radius »= 7.09).

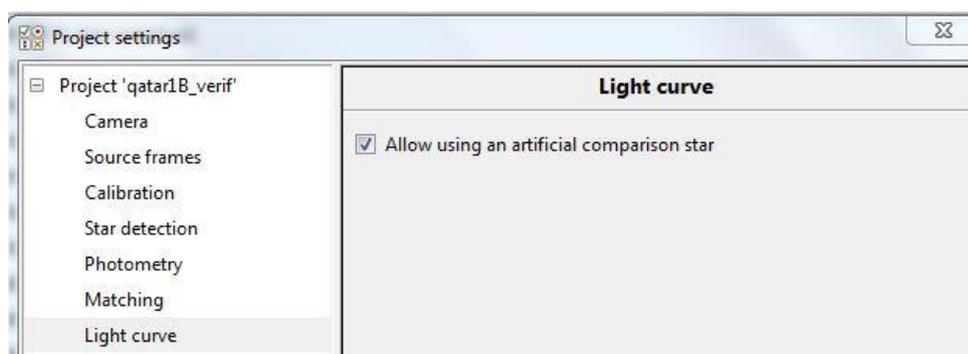
Nous pouvons également remarquer que la fenêtre droite de l'écran nous donne la valeur du « Max pixel » de l'étoile.

De la même façon, le rapport signal/bruit (S/N ratio) est indiqué dans la fenêtre de droite. Il est exprimé en décibel, unité peu pratique que la feuille excel jointe vous permet de transformer en S/B et en « depth ».

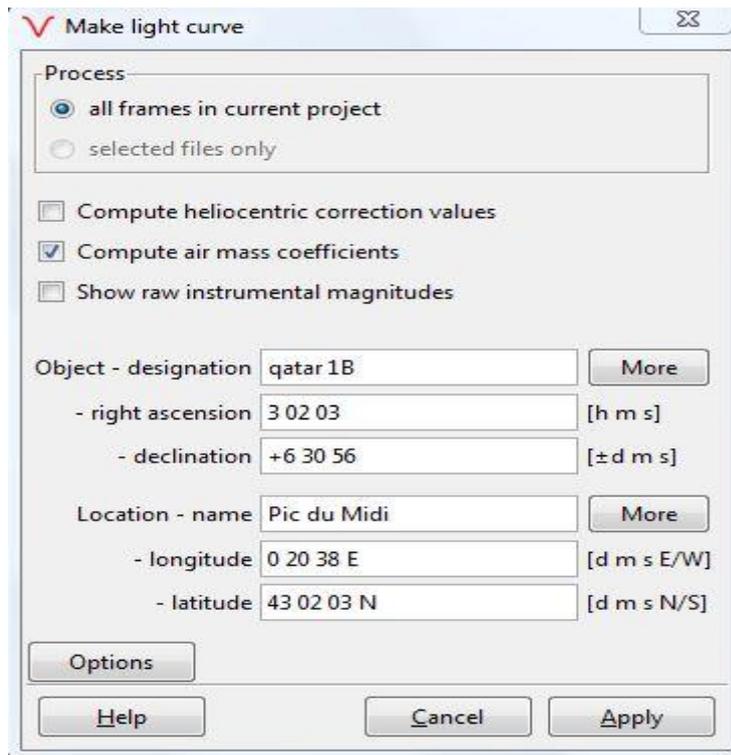
Le « S/N ratio » est indiqué avec un signe « - », qui est à ignorer. (Le rapport S/B est toujours supérieur à 1, en conséquence, la valeur en db est toujours positive.)

#### 4.3.2 L'utilisation d'une étoile artificielle :

La température des hautes couches de l'atmosphère (tropopause entre 11 et 16 kms d'altitude) n'est pas homogène et les faibles variations de température entraînent un phénomène de « scintillation » de toutes les étoiles du champ de prises de vue, de manière totalement aléatoire. Le fait de choisir plusieurs étoiles de comparaison (« comp ») permet de réduire l'influence de ce phénomène. L'étude très détaillée de Bruce Gary mentionne que le fait d'appliquer cette règle permet de réduire de moitié la perturbation due à la scintillation.



#### 4.3.3 les réglages de la « light curve » :



Muniwin permet de créer des « light curves » soit en magnitude différentielle, soit en magnitude absolue. Dans l'exemple ci-dessus, nous créerons une courbe de magnitude différentielle (onglet « show raw instrumental magnitudes » décoché).

#### 4.3.4 choix des étoiles « var » « comp » et « check »

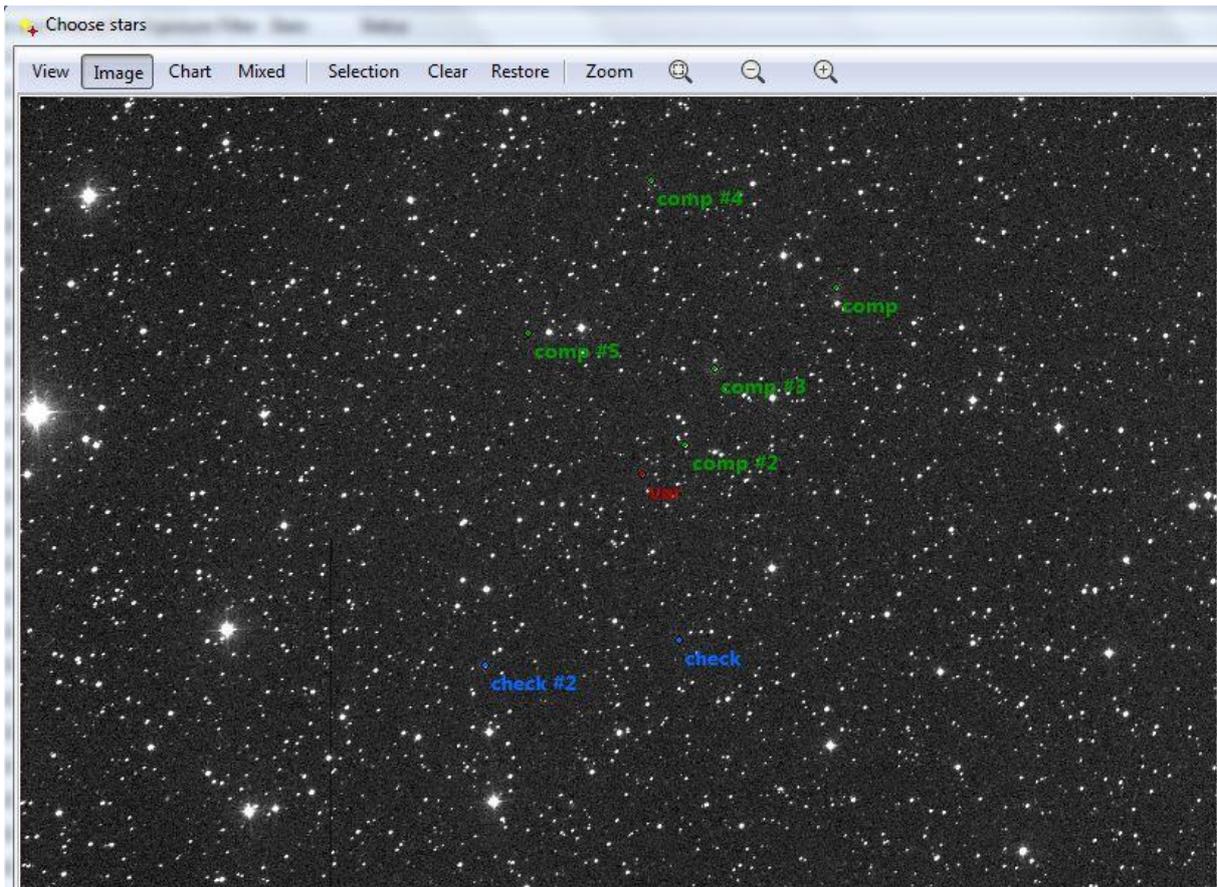
Un premier conseil qui vous simplifiera grandement la recherche de vos étoiles sur vos images est de caler votre caméra sur le Nord.

Le deuxième conseil (qui est un impératif !!) est de choisir des étoiles de « comp » et « check » dont l'indice de couleur (B-V) est proche de notre étoile « var ». Le principe de la mesure de « magnitude différentielle » est de mesurer l'écart entre notre cible (« var ») et l'étoile « comp » (qui est dans le cas de la méthode de l'étoile artificielle la moyenne des étoiles « comp »). On peut donc penser que la magnitude de ces étoiles « comp » n'a pas d'incidence. Cependant, nous avons vu au chapitre 4.3.1 que le choix des « apertures radius », « inner et outer background » étaient uniques. Il est donc conseillé de choisir des étoiles « comp » et « check » dont la magnitude est plutôt proche de celle de la cible. Ce travail pourra être effectué en amont de la séance de prises de vues.

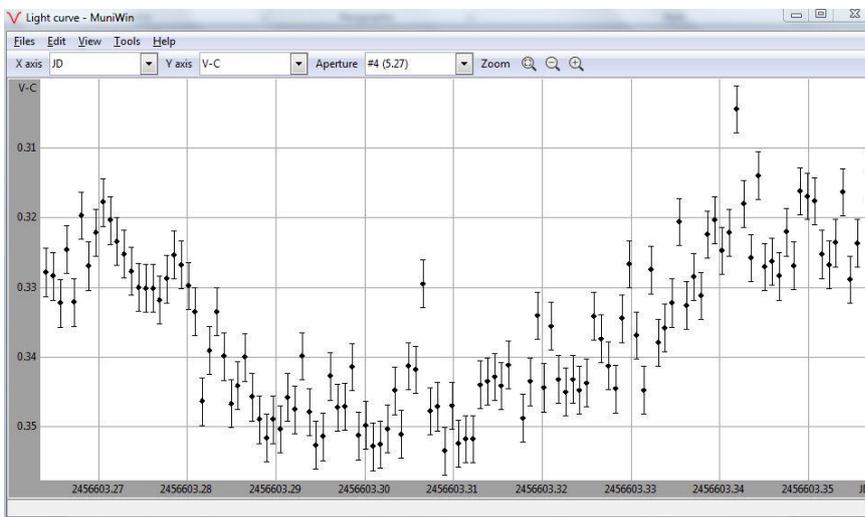
Le choix de 4 à 5 étoiles de comparaison semble un bon compromis.

De la même façon, 2 étoiles « check » (qui permettent de confirmer que les étoiles « comp » ne sont pas des « variables ») est un bon choix par défaut.

On obtient après la sélection une image comme ci-dessous :



Puis le tracé de la « light curve »



L'enregistrement du fichier au format .txt (Files, save) vous permettra de transmettre vos mesures à l'ETD. Vous trouverez ci-après un extrait de ce type de fichier, dont le décodage est expliqué dans le tutoriel Muniwin.

JD	V-C	s1	V-K1	s2	C1-K1	s3	C2-K1	s4	C3-K1	s5	C4-K1	s6	AIRMASS	ALTITUDE
2456603.26409	0.51483	0.00342	-0.48021	0.00525	-0.86196	0.00491	-0.23252	0.00573	-1.54112	0.00455	-0.95780	0.00495	6.25470	8.84
2456603.26490	0.51569	0.00334	-0.46718	0.00518	-0.83967	0.00487	-0.22853	0.00565	-1.53132	0.00450	-0.94661	0.00479	6.11885	9.06
2456603.26570	0.52014	0.00333	-0.47780	0.00512	-0.85579	0.00482	-0.24371	0.00555	-1.54784	0.00445	-0.95819	0.00473	5.99014	9.27
2456603.26649	0.51220	0.00330	-0.48369	0.00512	-0.85262	0.00484	-0.23331	0.00555	-1.54572	0.00446	-0.96155	0.00474	5.86665	9.48
2456603.26729	0.51913	0.00333	-0.48148	0.00514	-0.86024	0.00484	-0.24281	0.00557	-1.54650	0.00447	-0.96795	0.00474	5.74813	9.69
2456603.26809	0.50695	0.00329	-0.48381	0.00513	-0.85624	0.00483	-0.23217	0.00558	-1.53659	0.00448	-0.95331	0.00476	5.63424	9.90
2456603.26889	0.51352	0.00339	-0.47569	0.00513	-0.85770	0.00480	-0.22116	0.00558	-1.53718	0.00442	-0.95016	0.00471	5.52474	10.11
2456603.26970	0.50888	0.00331	-0.48130	0.00513	-0.84860	0.00484	-0.22999	0.00555	-1.54131	0.00448	-0.95089	0.00477	5.41787	10.32
2456603.27050	0.50530	0.00333	-0.48323	0.00518	-0.84837	0.00486	-0.23010	0.00558	-1.53471	0.00451	-0.95552	0.00479	5.31651	10.53
2456603.27131	0.50692	0.00333	-0.48662	0.00508	-0.85873	0.00477	-0.23068	0.00547	-1.54057	0.00440	-0.95647	0.00468	5.21746	10.75
2456603.27211	0.51065	0.00332	-0.48837	0.00519	-0.86061	0.00488	-0.24409	0.00560	-1.54882	0.00453	-0.95637	0.00482	5.12337	10.96
2456603.27291	0.51269	0.00336	-0.48869	0.00517	-0.85532	0.00483	-0.24401	0.00554	-1.55172	0.00448	-0.96382	0.00475	5.03261	11.17
2456603.27370	0.51472	0.00335	-0.47625	0.00510	-0.85302	0.00477	-0.23035	0.00553	-1.53897	0.00441	-0.95397	0.00470	4.94503	11.38
2456603.27451	0.51731	0.00335	-0.47868	0.00511	-0.85565	0.00479	-0.24257	0.00550	-1.54123	0.00442	-0.96216	0.00471	4.85922	11.59
2456603.27532	0.51744	0.00333	-0.47465	0.00512	-0.85825	0.00478	-0.23492	0.00549	-1.53947	0.00443	-0.95060	0.00472	4.77638	11.81

## 5 L'envoi des données à l'ETD

L'envoi se fait à partir des onglets suivants :

### ETD - Exoplanet Transit Database

[Observers community](#) | [How to contribute to ETD](#) | [Model-fit your data](#) | [Transit predictions](#) | [KEPLER Transit predictions](#) | [KEPLER Candidates](#) | [CoRoT Transit predictions](#) | [CoRoT Candidates](#)

step 1 / 5

**INSTRUCTION:** In the first step, just select an exoplanet and load data file with observation. Also select if data are in geocentric or heliocentric JD and specify, if brightness is given in MAG or FLUX. Both geocentric and heliocentric JD must be computed from COORDINATED UNIVERSAL TIME (UTC) with leap seconds included (common time in your PC / notebook).

**Choose exoplanet** Qatar-1 b Dra

**Data file with observation:** Parcourir... lightcurve8.txt

*Required 3 columns: JD, MAG, ERROR. Other columns are ignored. Columns must be separated by space or TAB.*

**JD format:**  geocentric  heliocentric (both based on UTC)

**Brightness column:**  in magnitudes  in flux

Continue >

L'onglet suivant est à paramétrer comme suit :

**JD (2456603 + )**

Fit / find out  ON default / prediction :

**HJD midtransit:**  OFF 2456603.308

Fit / find out  ON default / prediction :

**transit duration:**  OFF 96.7 minutes

Fit / find out  ON default / prediction :

**planet radius => transit depth:**  OFF 0.145  $R_{star}$

*(SemiMajorAxis\*cos(Inclination)/ $R_{star}$ ) :*

impact factor : 0.696

Limb darkening : 0.5

La suite ne présente pas de difficulté particulière.

## **6 La check list :**

Ce paragraphe a pour objectif de faire une « chronologie » de votre soirée (.. ou nuit ...) en vous redirigeant vers les différents chapitres.

### **6.1 Préparation :**

- utiliser le site de l'ETD (§ 1)
- choisir l'exoplanète en fonction des possibilités de votre matériel (« depth ») et des conditions locales (§1, § 2 et §3.1)
- prévoir une heure avant et après le transit
- effectuer les prés calculs (airmass, variation FWHM, flux avec la feuille de calcul)

### **6.2 la prise de vues :**

- prévoir de réaliser les premières prises de vue une heure avant le début du transit
- appliquer la procédure du § 3.9
- renseigner la feuille de calcul excel et vérifier : Max pixel, S/B et « depth » en fonction de l'objectif (§ 4.3.1)
- surveiller périodiquement la FWHM (§ 3.4)
- réaliser vos flats, bias, darks (§ 3.7)

### **6.3 réaliser la « light curve » :**

- paramétrer Muniwin (§ 4.1)
- effectuer le prétraitement de vos images (§ 4.2)
- réalisation de la « light curve » (§ 4.3 et feuille de calcul excel pour le SNR et la « depth »)
- enregistrement au format « .txt » (§ 4.3)

### **6.4 Envoi des données à l'ETD**

- Recommandations § 5

## **7 Conclusion :**

Vous l'avez compris, ce document est un guide, volontairement simplifié pour se concentrer sur les aspects pratiques qui vous permettront (ou vous ont permis !) de réaliser un transit d'exoplanète. Je vous conseille, si vous souhaitez approfondir vos connaissances théoriques de consulter le livre de Bruce Gary ( Book EOA3 vOA22.pdf), disponible sur internet, qui est une « mine d'or », mais qui demande un bon investissement personnel ....360 pages en anglais !...

J'adresse également mes remerciements à Romain Montaigut, du CALA, expert exoplanètes, pour ses précieux conseils.

Toutes les remarques (constructives !) pour améliorer ce document sont les bienvenues et peuvent m'être adressées ([b.dauchet@noos.fr](mailto:b.dauchet@noos.fr))

Alors, quel que soit votre matériel (200mm, TJMS, T60 du Pic ou autre), n'hésitez plus,

## *LANCEZ VOUS !!!*

Et si il vous manque un argument pour essayer, sachez qu'il est sans doute plus simple de réaliser un transit d'exoplanète qu'une belle photo....Un peu de méthode et de rigueur sont les seuls ingrédients dont vous avez besoin.....Sans oublier bien sûr un ciel de qualité, ce qui est bien souvent le plus difficile !!