

# Observer un transit d'exoplanète



# Sommaire

- I-Plantons le décor
  - Les étoiles variables
  - Les causes de la variation
  - Les méthodes de détection
- II-L'observation des transits en pratique
  - Choisir la cible
  - Les conditions d'observation
  - La prise de vue
  - La création des courbes de lumière
  - Conclusion

# I- Plantons le décor

## 1. Les étoiles variables

Beaucoup d'étoiles ont une luminosité intrinsèque quasi constante.

Ex : le soleil variation de 0,1% sur un cycle de 11 ans.

Cette luminosité est exprimée par la magnitude : (m).

m=0 pour Vega, -27 pour le soleil, 5 pour limite des étoiles visibles à l'oeil nu.

La luminosité observée de certaines étoiles varie au cours de périodes plus ou moins longues. Ces variations ont des intensités très diverses suivant l'étoile et peuvent être cycliques (en heures, en semaines...)

Ex : Céphéides période de 1 à 45j

# Plantons le décor

## 2. Causes de la variation

- Variables intrinsèques

1. Les variables pulsantes : Les plus courantes. Changement de structure interne changeant leur luminosité (ex : céphéïdes, RRlyrae)
2. Les variables par rotation : taches en surface qui apparaissent par rotation (par ex : fort champ magnétique)
3. Les variables éruptives : éjection de matière ou rotation rapide

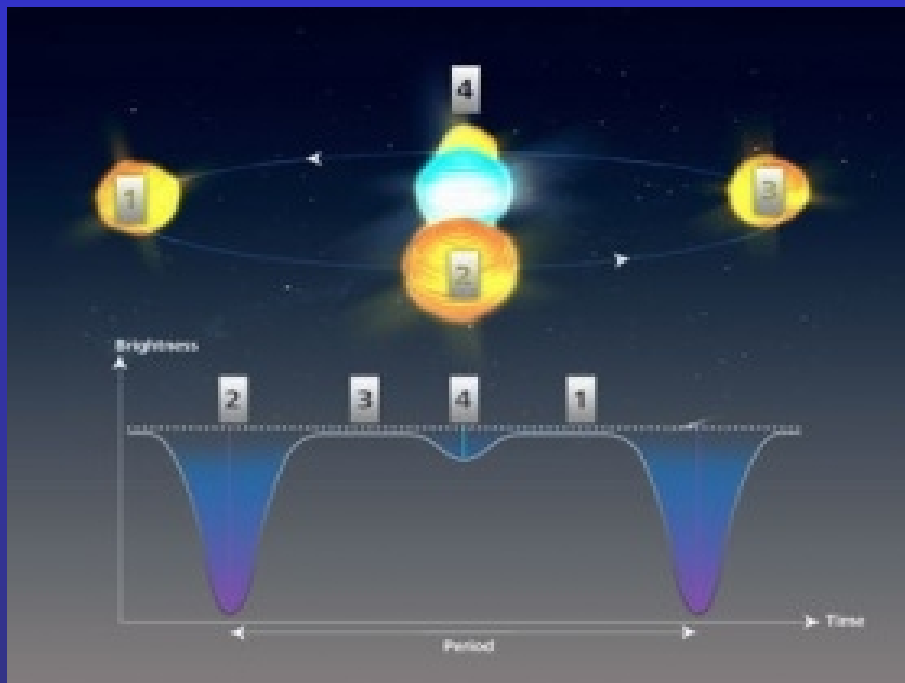
- Variables extrinsèques

4. Variables optiques (à éclipses) : étoile double, compagnon
5. Variables cataclysmiques (éruptives) : système binaire dont un élément absorbe l'autre

- Les exoplanètes correspondent au cas N°4.

# Illustration variables extrinsèques

## Variable optique



## Variable cataclysmique



# Plantons le décor

## Méthodes de détection des exoplanètes

### 1. Méthodes Directes :

Observation par imagerie haute résolution.

Au stade de projets. Grands télescopes.

### 2. Méthodes indirectes

1. La mesure des vitesses radiales

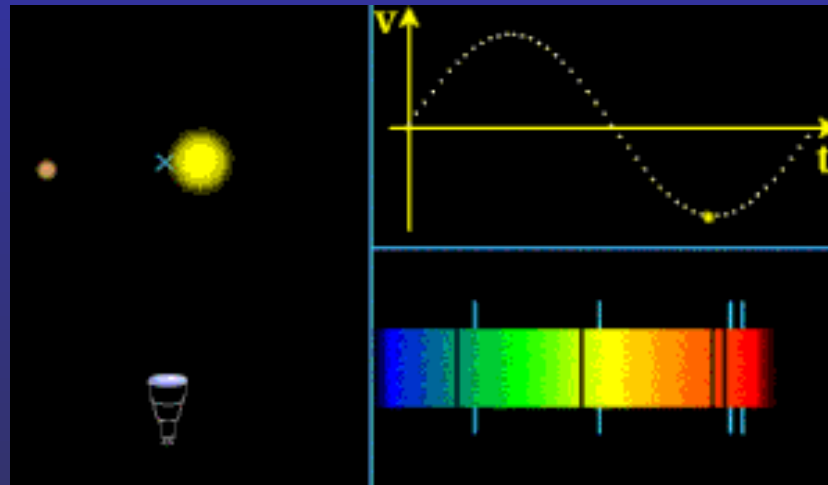
2. L'astrométrie

3. Les micro lentilles gravitationnelles

4. Les transits

# Mesure des vitesses radiales

- A permis la détection de la première exoplanète (1995, Mayor et Queloz sur 51 pegasis type solaire, OHP télescope de 1,93m)
- Détection du mouvement autour du barycentre étoile/compagnon en spectrographie par effet Doppler (décalage des raies). La vitesse radiale de l'étoile varie selon une période régulière.
- Difficilement accessible aux amateurs : gros télescope et spectrographe très performant.
- Dans le domaine amateur quasi pro on peut citer des essais avec le spectro E-Shel de Shelyak=16 000 € + télescope minimum 500mm



# L'astrométrie

- Mesure directe de la position de l'étoile.
- On observe que l'étoile décrit une ellipse.
- Pratiquement hors de portée des amateurs.
- Seulement systèmes vus de dessus.

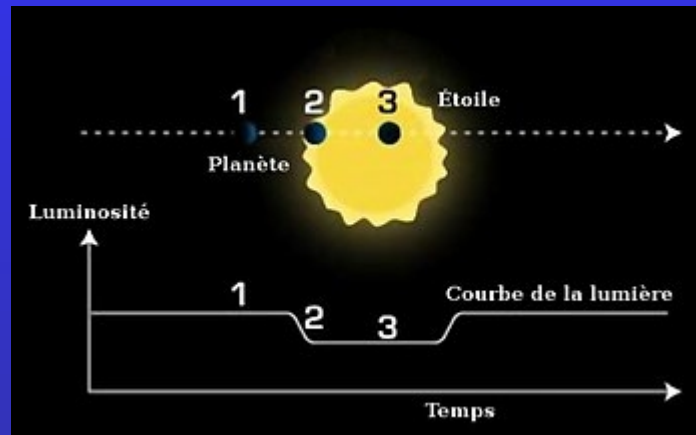
## Micro lentille gravitationnelle

- Basée sur la déformation de l'espace-temps par le champ gravitationnel de l'étoile.
- La lumière provenant d'une étoile située derrière le système étoile/compagnon est déviée cycliquement.
- Totalement hors de portée des amateurs.

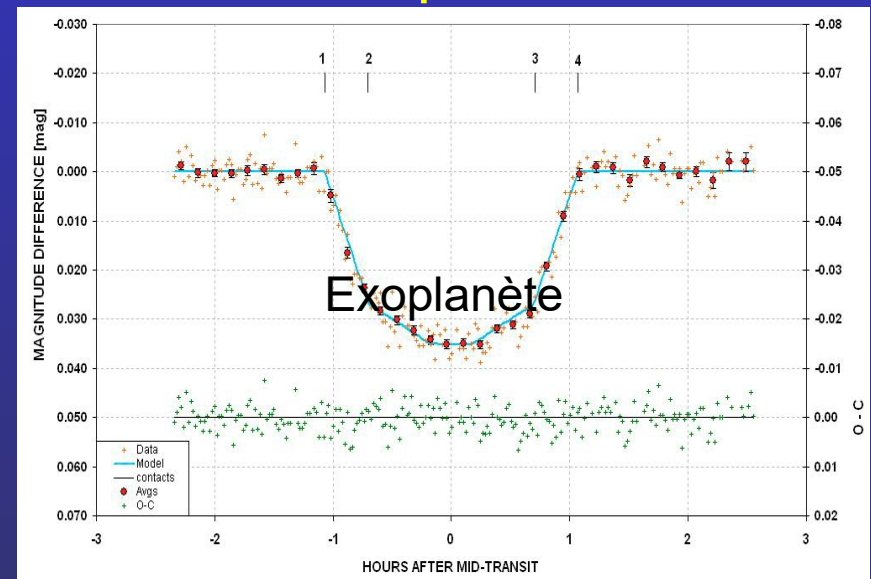
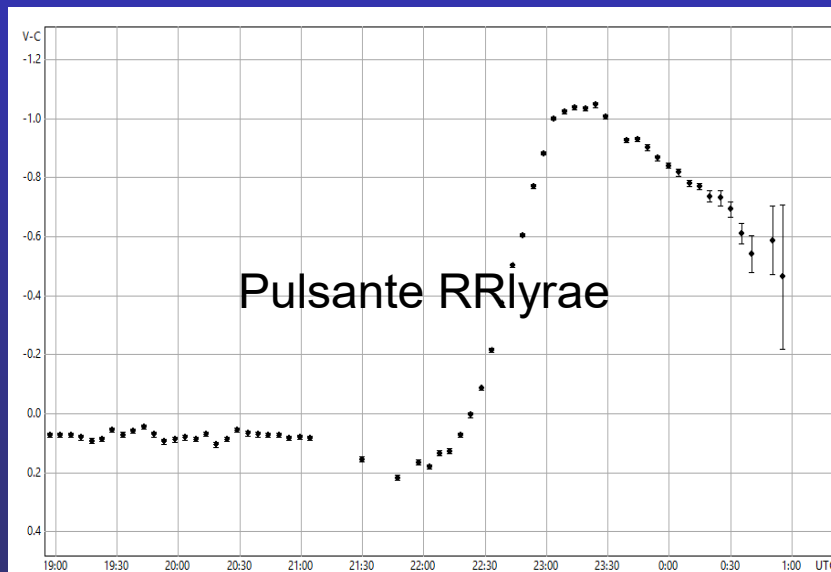


# Mesure des transits

On mesure de la variation du flux lumineux de l'étoile.



La forme de la courbe de variation est caractéristique.



# Mesure des transits

- On mesure la variation du flux lumineux de l'étoile dans le temps.
- Des mesures ont été faites au TJMS juste après sa mise à niveau technique en 2014 sur Wasp-32 b. Olivier Désormières a participé.
- Un memo de la démarche a été rédigé par un membre de l'équipe : Bruno Dauchet.
- Un certain nombre d'autres observations ont été faites depuis en appliquant cette méthode. Ex : Hat-P-55 b à l'observatoire de St Véran.
- Ce qui suit s'inspire largement de ce memo.

## II-Observation pratique des transits

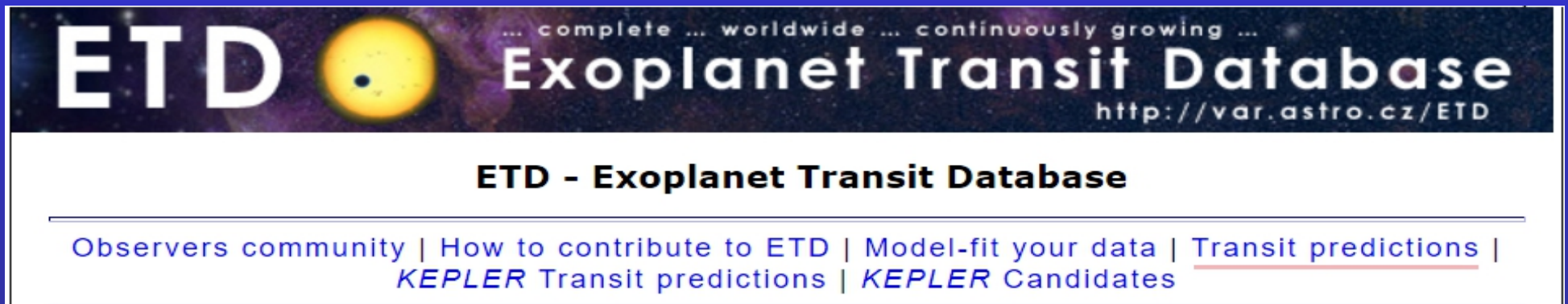


## II-Observation pratique des transits

1. Le choix de la cible
2. Les conditions d'observation et le matériel
3. La prise de vues
4. L'utilisation de Muniwin pour la création des courbes de lumière
5. Conclusion. Bibliographie.

# 1: Choisir la cible

Nous utilisons l'Exoplanet Transit Database (<http://var2.astro.cz/ETD>)\*



Donne notamment une liste d'exoplanètes observables pour un endroit et une date données.

\*Project TRESCA - observing transits of known exoplanetary systems, searching for new exoplanets in known transiting systems and searching for new transiting exoplanetary systems.

# Choisir la cible

CoRoT-11 b

CoRoT-12 b

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 228735255  
b

Your ELONGITUDE (in deg):  0° - 360°

Your LATITUDE (in deg):  90° - 0° - -90°

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

2018-01- 21, 22, **23**, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31,  
2018-02- 01, 02, 03, 04, 05, 06, 07, 08, 09, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21,

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

Transits predictions for ELONGITUDE: 6° and LATITUDE: 43°

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-17 b</b>	Cyg	16:40 36°,NW	<b>23.01. 17:49</b> <b>26°,NW</b>	18:57 17°,NW	136.6	14.141	0.0213	55185.67803+1.4857108°E RA: 19 53 34.86 DE: +47 48 54.0
<b>WASP-12 b</b>	Aur	18:11 45°,E	<b>23.01. 19:41</b> <b>62°,E</b>	21:11 75°,SE	180.06	11.69	0.0151	54508.97605+1.0914222°E RA: 06 30 32.79 DE: +29 40 20.4
<b>HAT-P-13 b</b>	UMa	18:58 39°,NE	<b>23.01. 20:35</b> <b>55°,NE</b>	22:12 71°,E	193.7	10.62	0.0065	55176.5388+2.916243°E RA: 08 39 31.84 DE: +47 21 07.63
<b>WASP-78 b</b>	Eri	18:27 24°,S	<b>23.01. 20:48</b> <b>23°,S</b>	23:09 9°,SW	281.32	12	0.0068	55882.35878+2.17517632°E RA: 04 15 01.50 DE: -22 06 59.0
<b>HATS-45 b</b>		20:40	<b>23.01. 22:11</b>	23:42	182.7	13.307	0.0108	56731.19533+4.1876244°E

# Choisir la cible

- Remarque sur la nomenclature
  - Il existe de nombreux catalogues d'étoiles :
    - Almageste de Ptolémée : 1000 étoiles. 2ième siècle.
    - Catalogue de Bayer (Uranométrie) : 1603. ex : Beta Cygni
    - Catalogues modernes : HD, SAO, USNO : 10X6 étoiles mag 21, Hipparcos, Tycho, UCAC....
    - Les exoplanètes sont désignées par le nom de leur étoile suivi d'une lettre : b, c, etc. Mais le nom de l'étoile est parfois donné par celui du programme d'observation.

Ex : *Kepler-17 b* est l'exoplanète 1 du système N°17 repéré par le satellite spatial Kepler.

- Pour relier l'étoile aux catalogues des logiciels de pointage, on peut utiliser ALADIN qui donne accès à la base SIMBAD.



# Choisir la cible

## Éléments de choix contenus dans l'ETD:

### 1. Conditions d'observation

- heures de début, transit et fin,
- Durée du transit.

### 2. Précision des mesures

En fonction du rapport S/B atteignable (matériel, ciel, etc.)

- Magnitude de la cible,
- Profondeur du transit,
- Coordonnées : hauteur pendant la durée du transit.

### 3. Intérêt pour la communauté

Si le transit a été peu observé ou manque de précision



# La base ETD donne aussi

Image ciel  
DSS

Champ 15'

Permet de  
vérifier le  
pointage  
dans votre  
logiciel de  
gestion de la  
monture.

06/04/18

CoRoT-10 b

CoRoT-11 b

CoRoT-12 b

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 228735255  
b

EPIC-203771098  
b

EPIC-203771098  
c

EPIC-210957318  
b

EPIC-211089792  
b

EPIC-212110888

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

## Kepler-17 b (Cyg)

RA (J2000): **19 53 34.86**, DE (J2000): **+47 48 54.0**,  
V = **14.141 mag**, dV = **0.0213 mag**, duration = **136.6 minutes**

Per =  d, T0(HJD) =



15' x 15' image from the [Digitized Sky Survey](#) at the [STScI Archive](#).

# Autres informations dans ETD : mesures recensées

CoRoT-11 b

CoRoT-12 b

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 228735255 b

EPIC-203771098 b

EPIC-203771098 c

EPIC-210957318 b

EPIC-211089792 b

EPIC-212110888 b

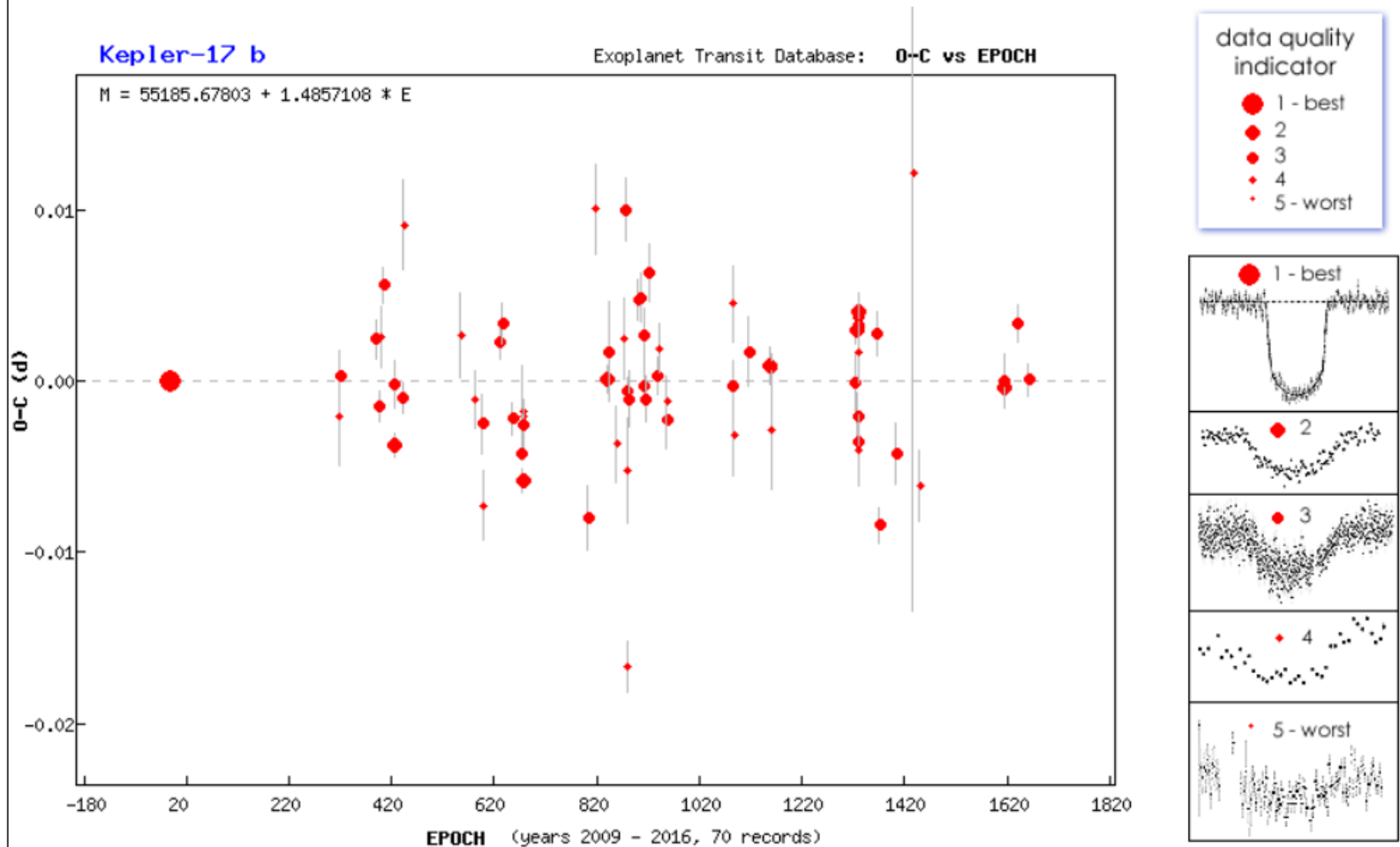
GJ1214 b

GJ3470 b

RA	DE	PERIOD (d)	EPOCH	V (mag)	DEPTH (mag)	DURATION (min)
19 53 34.86	+47 48 54.0	1.4857108	2455185.67803	14.141	0.0213	136.6

> Show transit predictions for next 365 days

Plot user data ...



**Kepler-17 b**

Exoplanet Transit Database: **Transit-Duration vs EPOCH**

data quality indicator

1 - best

## 2: Conditions d'observation et matériel

Remarque préalable : la profondeur de transit «  $p$  » mesurable est liée au rapport signal/bruit :  $p=1/(S/B)$ .

Ainsi si  $S/B = 100$ ,  $p=0,01\text{mag}$ .

Tous les paramètres susceptibles d'optimiser  $S/B$  sont à prendre en compte : pollution lumineuse, seeing, caractéristiques du télescope, de la camera, etc.

On ne peut pas empiler les images pour améliorer  $S/B$ .

Les facteurs objectifs d'évaluation du rapport  $S/B$  sont nombreux et font l'objet de différentes approches.

Ex : L'approche de Jean Dijon : <http://www.jeandijon.com/bruit%20CCD.htm>

## Ex : Feuille de calcul du rapport S/B

Les données à rentrer sont grisées: on a trois groupes de données

les caractéristiques du télescope:

- diamètre du primaire

- diamètre du secondaire

- coefficients de réflexions des miroirs

- focale

les caractéristiques du CCD et du traitement réalisé

- Le bruit de lecture en e

- Le courant noir en e par seconde

- La taille des pixels en microns

- Le nombre d'images dans le noir maître

Le nombre de prises de vues dans la pose (fractionnement) ce coefficient est appliqué à tout le tableau même pour les poses courtes.

les caractéristiques du site d'observation

- Magnitude du fond de ciel

- Turbulence

- Altitude (joue sur la transparence)

# Feuille de calcul

[http://www.jeandijon.com/maglimite\\_fin.xls](http://www.jeandijon.com/maglimite_fin.xls)

## Modèle CCD

<http://www.jeandijon.com>

<b>telescope</b>		
diametre du miroir primaire	50	cm
diametre du miroir secondaire	10	cm
coef de reflexion du primaire	0,92	
coef de reflexion du secondaire	0,96	
focale du telescope	1825	mm

<b>rapport F/D</b>	<b>3,65</b>	
surface equivalente telescope	1664,79	cm2
flux etoile mag0/cm2	2305192,344	e/s
flux etoile mag0	3837661162	e/s

<b>CCD</b>		
bruit de lecture	10	electrons
courant noir	1	electrons s-1
taille des pixels	18	µm
nombre d'images dans le dark	1	
nombre d'images dans la pose	1	

sigma	1,501	sec
largeur des pixels en sec arc	2,034	sec
surface pixel	4,137	sec2
xp/2/sigma	0,6775	
%energie etoile dans le pixel	0,4334	%

<b>Site</b>		
magnitude fond de ciel	22,5	mag sec-2
turbulence	2,5	seconde d'arc
altitude	400	metres
diametre etoile	0,022	mm

pose	1s	10s	1min	10min	1h	5h
magnitude	1	10	60	300	3600	18000
10	407,6	1289,5	3158,8	7063,4	24468,4	54713
11	256,9	813,5	1992,9	4456,3	15437,3	34518,8
12	161,7	513,1	1257,1	2811,2	9738,3	21775,4
13	101,4	323,4	792,7	1772,8	6141,3	13732,3
14	63	203,5	499,4	1117,1	3869,9	8653,4
15	38,3	127,5	313,9	702,5	2433,9	5442,4
16	22,3	79,1	196,2	439,6	1523,4	3406,6
17	12	48	121	271,8	942,6	2107,9
18	5,8	27,8	72,4	163,6	568	1270,4
19	2,6	14,8	40,8	93,2	324,4	725,7
20	1,1	7,1	20,9	48,6	169,7	379,8
21	0,4	3,1	9,7	22,9	80,2	179,4
22	0,2	1,3	4,2	9,9	34,9	78,1
23	0,1	0,5	1,7	4,1	14,5	32,4
24	0	0,2	0,7	1,7	5,9	13,1
25	0	0,1	0,3	0,7	2,3	5,3
25,7	0	0	0,1	0,4	1,2	2,8
27	0	0	0	0,1	0,4	0,8

# Ex : Newton 250mm F/4. Pour 1mn de pose, mag 16 OK

## Modèle CCD

<http://www.jeandijon.com>

### telescope

diametre du miroir primaire	25	cm
diametre du miroir secondaire	6	cm
coef de reflexion du primaire	0,92	
coef de reflexion du secondaire	0,96	
focale du telescope	1000	mm

rapport F/D	4	
surface equivalente telescope	408,57	cm2
flux etoile mag0/cm2	2305192,344	e/s
flux etoile mag0	941832435,9	e/s

### CCD

bruit de lecture	10	electrons
courant noir	1	electrons s-1
taille des pixels	18	µm
nombre d'images dans le dark	1	
nombre d'images dans la pose	1	

sigma	1,501	sec
largeur des pixels en sec arc	3,713	sec
surface pixel	13,786	sec2
xp/2/sigma	1,2368	
%energie etoile dans le pixel	0,8501	%

### Site

magnitude fond de ciel	22,5	mag sec-2
turbulence	2,5	seconde d'arc
altitude	400	metres
diametre etoile	0,012	mm

pose	1s	10s	1min	10min	1h	5h
magnitude	1	10	60	300	3600	18000
10	282,6	894,6	2191,5	4900,5	16975,9	37959,2
11	177,9	564,3	1382,5	3091,5	10709,5	23947,3
12	111,7	355,7	871,9	1949,9	6754,9	15104,3
13	69,6	224	549,6	1229,2	4258,2	9521,7
14	42,6	140,6	345,8	773,7	2680,7	5994,4
15	25,1	87,6	216,7	485,4	1682	3761,2
16	13,8	53,6	134,5	301,9	1046,8	2340,9
17	6,9	31,5	81,6	184,1	639,1	1429,2
18	3,1	17,3	47,2	107,6	374,4	837,4
19	1,3	8,6	25,1	58,2	203,5	455,4
20	0,5	3,9	12,1	28,5	100,1	224
21	0,2	1,6	5,3	12,7	44,8	100,3
22	0,1	0,7	2,2	5,3	18,9	42,2
23	0	0,3	0,9	2,2	7,7	17,2
24	0	0,1	0,4	0,9	3,1	6,9
25	0	0	0,1	0,3	1,2	2,8
25,7	0	0	0,1	0,2	0,6	1,5
27	0	0	0	0,1	0,2	0,4



# En raccourci

Pour se lancer :

- Un télescope de 250/300mm est un bon choix, mais on peut faire des mesures avec un 200 ou même une lunette avec une bonne camera.
- Attention au seeing.
  - Une FWHM stable est indispensable.
  - L'étoile ne doit pas être trop basse.
- Soigner l'autoguidage pour éviter les variations de flux liées aux différences de rendement des pixels.

# 3- La prise de vues

- Lancement

- Il est prudent de commencer les images 1 à 2h avant le top ETD et de finir 1 à 2h après.
- On ne peut pas avoir de bons résultats en dessous de 20° de hauteur.

- Choix du temps de pose

- Aucun pixel de l'étoile ne doit être saturé, tout au long du transit.
- On peut calculer la variation théorique du nombre d'ADU en fonction du Airmass pour éviter les surprises:

$$Max\ Pixel_{h2} = Max\ pixel_{h1} \times (Airmass_{h1}/Airmass_{h2})^{exp(2/3)} \text{ et } Airmass = 1/\sin(hauteur)$$

- Pas trop court (chargement images) pas trop long (espacement points)



### 3- La prise de vues

- Mise au point et FWHM : La FWHM souhaitable est de 3 à 5 pixels pour  $\text{mag} > 10$ . On ne cherche pas la meilleure précision de mise au point. Il faut tenir compte de la variation de hauteur s'il faut refaire la mise au point pour quelque raison.

$$\text{FWHM } h2 = \text{FWHM } h1 \times (\text{AirMass}h2/\text{AirMass}h1)^{\exp(1/3)}$$

- Binning : Doit être déterminé en fonction du seeing (S en arcsec) du lieu d'observation et de l'échantillonnage du matériel ( $e=206 \times P/F$ )

Binning x e doit être proche de S / FWHM cible

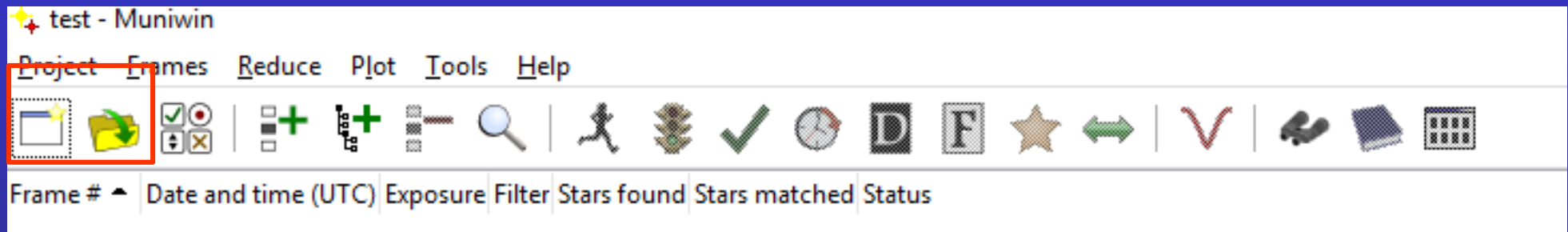
- Autoguidage : guider sur une étoile proche de l'étoile cible car les mesures durent souvent 5 à 6h d'où rotation de champ
- Filtres : Inconvénient : diminue le S/B si bande passante étroite. Plutôt pas de filtre ou Blue-Blocking ( $\lambda > 500$ ) ou NIR ( $\lambda > 700$ ) si étoile basse.
- Faire soigneusement darks, flats et bias.

### 3- La prise de vues : check list

- Procéder au pointage de l'étoile et réglage des paramètres de prise de vue
  - 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 5 pixels,
  - 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 (fonction du Airmass) ,
  - Ajuster au 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,
  - Lancer les poses en totalité.....en n'omettant pas de surveiller le bon déroulement !
  - Faire les offset, darks et flats si ce n'est déjà fait,

## 4- l'exploitation des images

- Le logiciel MUNIWIN est bien adapté à cette tâche. On peut le télécharger gratuitement ici : <http://sourceforge.net/projects/c-munipack/files/>  
*Version actuelle 2.1.23*
- Il compare la luminosité de la cible à des étoiles de référence pour chaque image. Il analyse les valeurs, résultats dans fichiers et tracés de courbes.



- Paramétrage de muniwin

- Les 2 icones de gauche servent à créer un projet et à ouvrir un projet existant



Icone de paramétrage général



# Paramétrage Muniwin *détection des étoiles*

Project settings

Project 'test'

- Camera
- Source frames
- Calibration
- Star detection**
- Photometry
- Matching
- 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

**Constraints**

Max. stars  Default: 10000



# Paramétrage Muniwin *Photométrie*

Project settings

Project 'test'

Camera

Source frames

Calibration

Star detection

**Photometry**

Matching

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	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

20.00

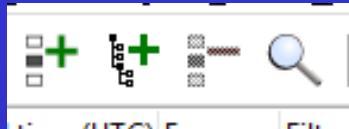
Default: 20.00

Outer radius

30.00

Default: 30.00

# Traitement des images



- Icones de chargement des fichiers (format FIT)



Préanalyse

Bias

Darks

Flats

Photométrie

Matching

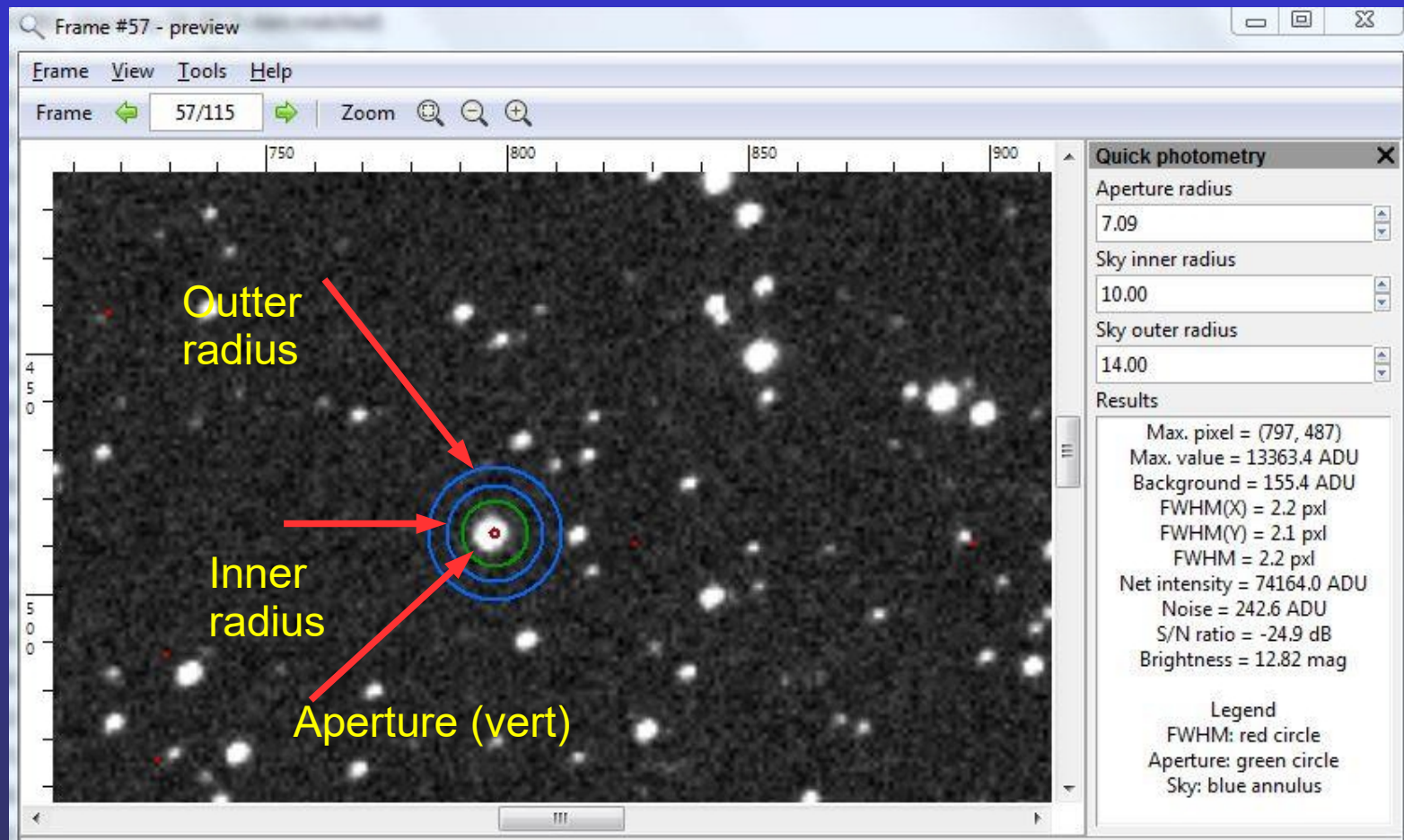
Si la séquence de matching génère trop de rejets, il faut modifier le paramétrage.

# Génération des courbes de lumière



Générateur de courbes

- Réglage étoiles/fond de ciel : onglet photometry  
A vérifier avant de lancer la génération.
- Double clic sur une image



# Génération des courbes de lumière

- Réglage étoiles/fond de ciel : onglet photometry

**Background**

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

Inner radius	<input type="text" value="10.00"/>	<input type="button" value="↑"/> <input type="button" value="↓"/>	Default: 20.00
Outer radius	<input type="text" value="14.00"/>	<input type="button" value="↑"/> <input type="button" value="↓"/>	Default: 30.00

- Si on a modifié les valeurs, relancer les phases



Et

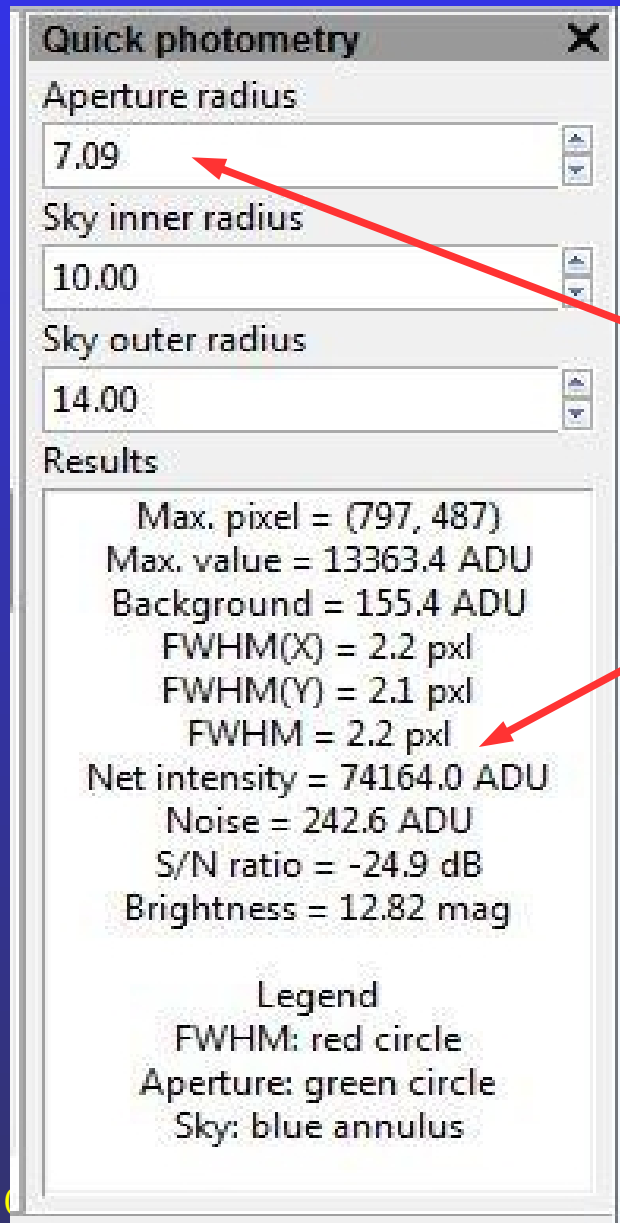


- Puis lancement génération de courbe





# Génération des courbes de lumière



Quick photometry

Aperture radius  
7.09

Sky inner radius  
10.00

Sky outer radius  
14.00

Results

Max. pixel = (797, 487)  
Max. value = 13363.4 ADU  
Background = 155.4 ADU  
FWHM(X) = 2.2 pxl  
FWHM(Y) = 2.1 pxl  
FWHM = 2.2 pxl  
Net intensity = 74164.0 ADU  
Noise = 242.6 ADU  
S/N ratio = -24.9 dB  
Brightness = 12.82 mag

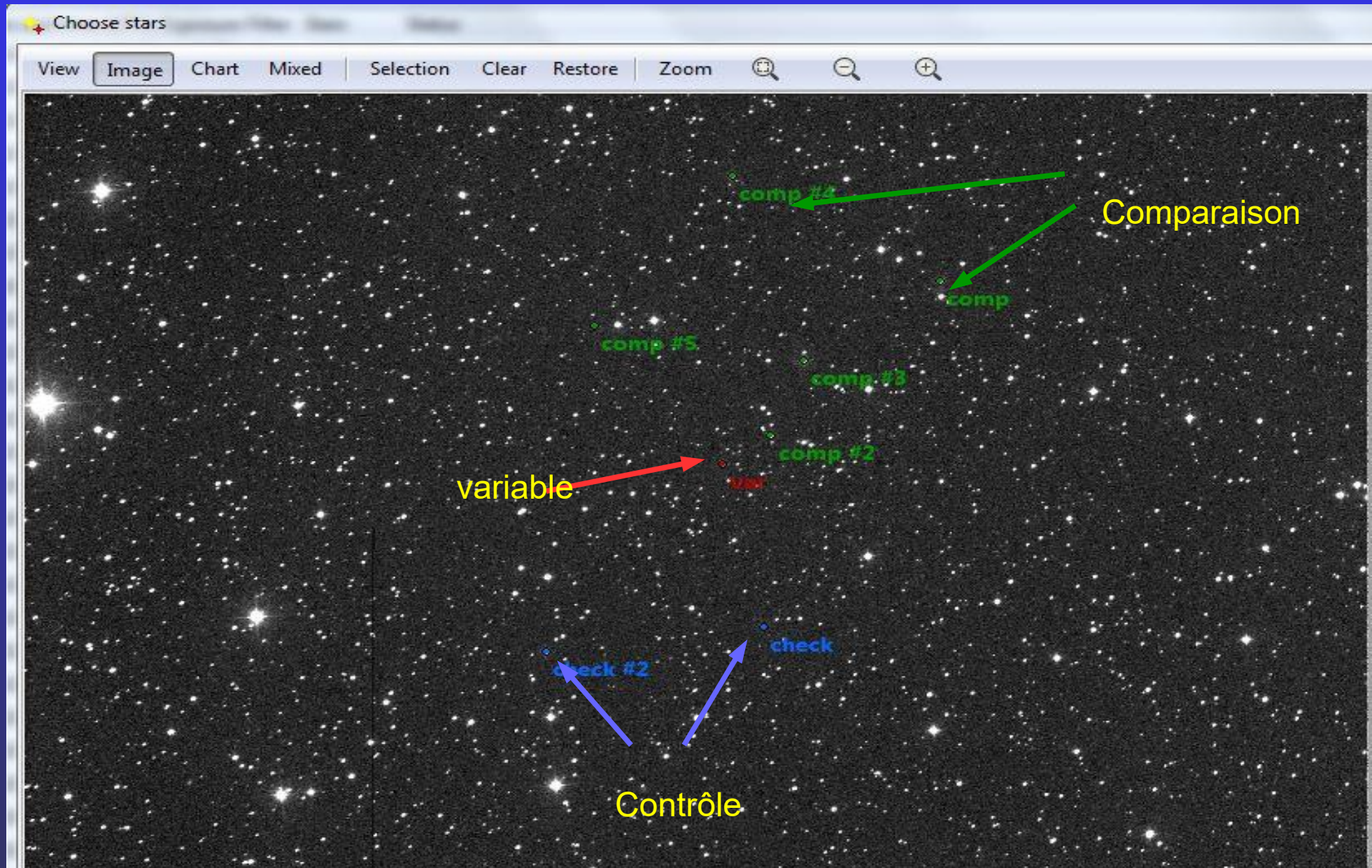
Legend  
FWHM: red circle  
Aperture: green circle  
Sky: blue annulus

- Fenêtre de droite de la fonction preview

Aperture radius environ 3 x fwhm

# Génération des courbes de lumière

- Il faut maintenant repérer la cible sur une image et choisir les étoiles de comparaison et de contrôle.

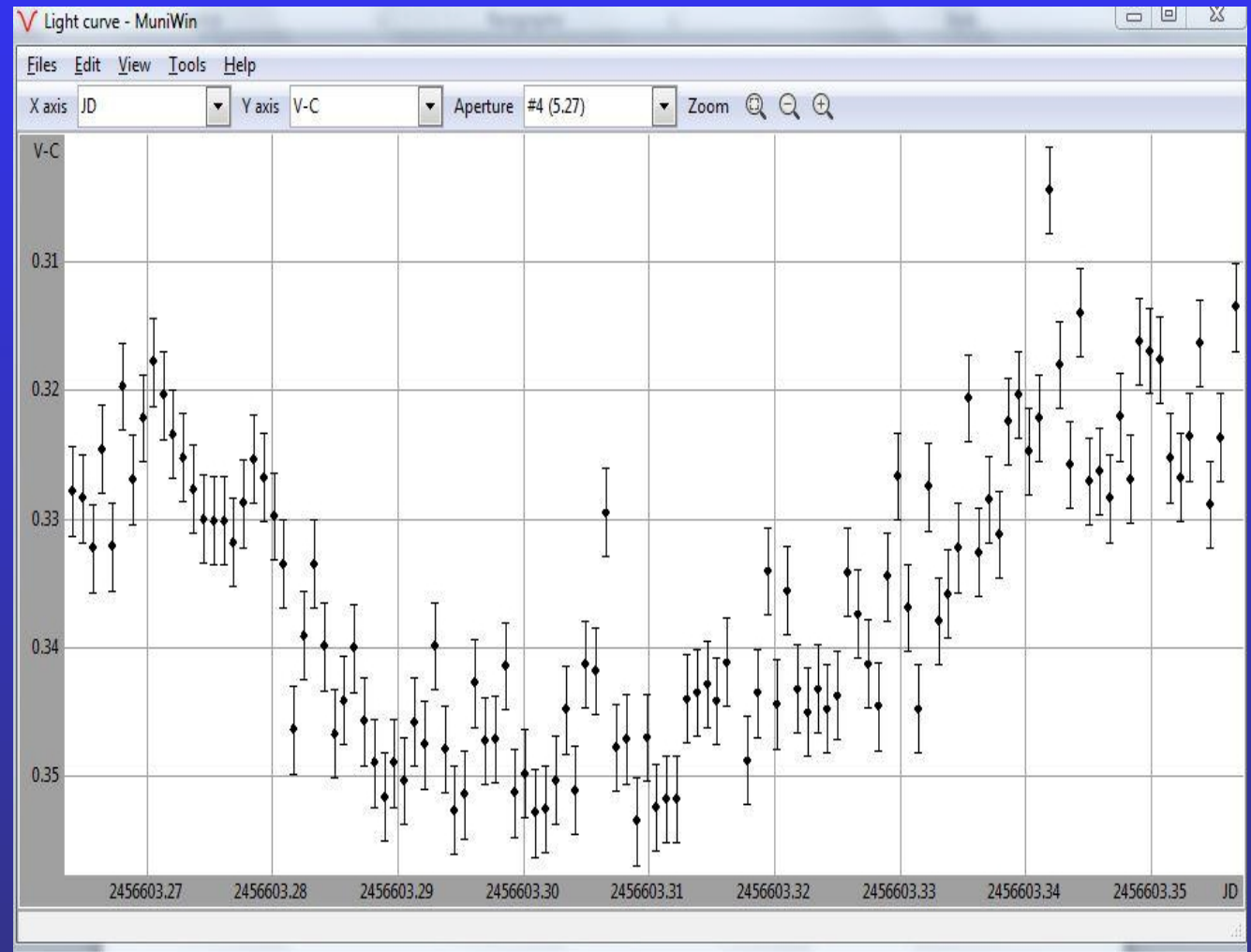


# Génération des courbes de lumière

- Repérage de la cible sur les images :
  - Orienter la caméra pour avoir le nord en haut
  - Différentes possibilités d'aide :
    - Aladin
    - Carte de l'ETD
    - Carte AAVSO
    - Carte de votre logiciel de pointage (PRISM, Maximdl...)
- Choix des étoiles de comparaison et de contrôle :
  - Choisir des étoiles d'indice de couleur (B-V) proche de celui de la cible et mag pas trop éloignée.
  - S'assurer que ce ne sont pas des variables (utiliser plusieurs étoiles comp et check).
  -

# Génération des courbes de lumière-Exemple 1

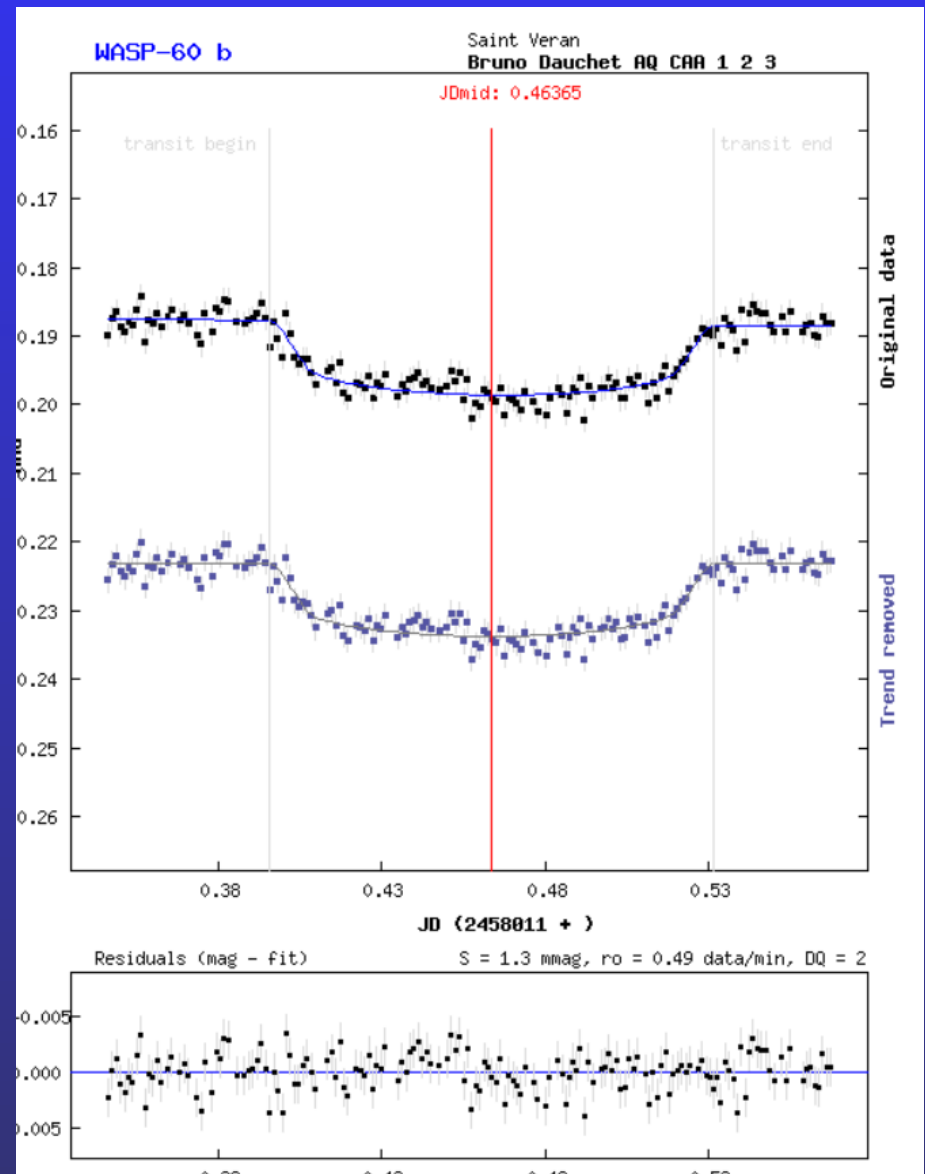
- Transit Wasp-14b
- Mag : 9,75
- Profondeur : 0,01
- Période : 2,24j
- Lunette 102mm f/6,5





## Exemple 2 : Observatoire St Véran

- Transit de l'exoplanète:  
WASP 60 b
- Magnitude : 12,18 mag
- Profondeur : 8 mmag
- Période 4,3 jours
- Meilleure mesure jamais réalisée par des amateurs (14 mesures à ce jour)
- « écart type » de 1,3 mmag sur l'ensemble des mesures
- T500, CCD Apogee U16M



# Bibliographie

- Bruce Garry : Exoplanet observing for amateurs
- AAVSO : <https://www.aavso.org/>
  - Conseils pour l'observation des étoiles variables
  - Générateur de cartes avec étoiles de référence
- Traduction française du doc AAVSO

[http://astro.equinoxe.free.fr/le\\_coin\\_scientifique/aavso.pdf](http://astro.equinoxe.free.fr/le_coin_scientifique/aavso.pdf)

- Site OBSPM :

[https://media4.obspm.fr/public/ressources\\_lu/pages\\_methode\\_s-detection/impression.html](https://media4.obspm.fr/public/ressources_lu/pages_methode_s-detection/impression.html)

A vous de jouer maintenant....



## Cibles pour Cogolin 15/02/2018

- Qatar-1b : UCAC4-776-040760 mag12,5 p 0,02 d 96mn à 19h15 UT jusqu'à 20h52 UT
- Hatp-36-b : UCAC4-675-056465 mag 12,3 p 0,02 d 133mn à 21h47 UT
- Wasp-12-b : cf mail astrojms « projet pour le 24 mars »
- Ephemerides variables : <http://www.motl.cz/dmotl/predpovedi/>
-