

Etablir une courbe de lumière avec Muniwin

Muniwin est un logiciel libre dédié à l'analyse des images d'objets lumineux ponctuels. Des étoiles dont une planète passe devant son étoile dans notre axe, des étoiles variables ou des astéroïdes. Ici nous allons établir un pas à pas pour une courbe d'exoplanète. Ce logiciel permet de transformer des informations venant d'images, donc de pixels, en données d'intensité lumineuse. On appelle ce procédé une réduction photométrique. Le logiciel, en fonction de paramètres que l'on établira judicieusement, calculera la différence de luminosité entre les pixels de notre étoiles et la moyennes des pixels d'étoiles lui ressemblant et qui, elles, ne varient pas intrinsèquement. C'est la photométrie relative d'ouverture.

Afin d'optimiser les images, nous leur ôtons les images de calibration. Ce sont des images des défauts que l'on peut photographier à part, afin de les retirer de nos images des étoiles.

Nous commencerons donc par la confections des Masters des images de calibration.

Téléchargement : <https://sourceforge.net/projects/c-munipack/>

Installation : sous Windows, lancer le fichier .exe téléchargé

I. IMAGES DE CALIBRATION

1. Réalisation du master Bias
2. Réalisation du master Dark
3. Réalisation du master Flat en lui divisant le master Bias

II. CRÉER UN NOUVEAU PROJET

III. CONFIGURER LE PROJET

IV. IMPORTER LES IMAGES

V. ANALYSER LES DONNÉES

V.1. Conversion des images



V.2. Correction des heures d'acquisition



V.3. et 4. Prêt-traitement



V.5. Préparer l'analyse photométrique

V.6. Détection des étoiles



V.7. Alignement des images



V.8. Tracer la courbe de lumière



VI. AJUSTER LA COURBE

VII. SAUVEGARDER

VIII. EXPLORATION

I. IMAGES DE CALIBRATION

1. Réalisation du master Bias
2. Réalisation du master Dark
3. Réalisation du master Flat en lui divisant le master Bias

1. Master BIAS ->

New project

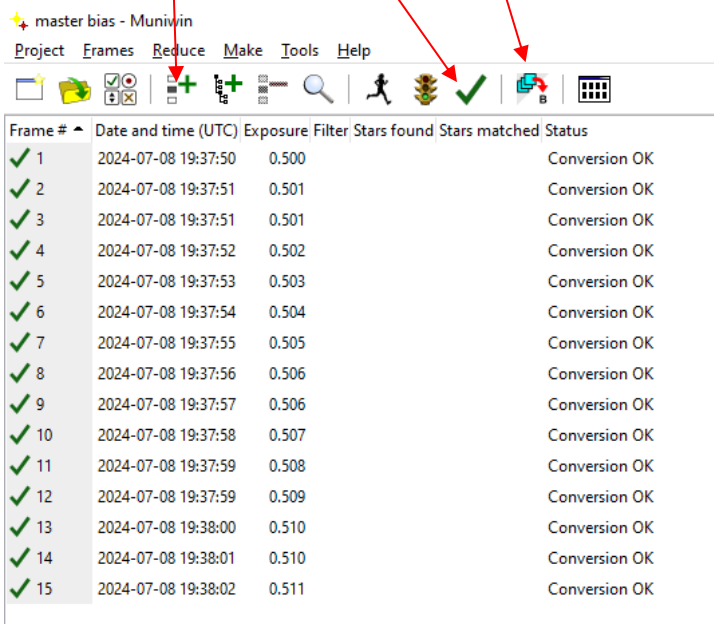
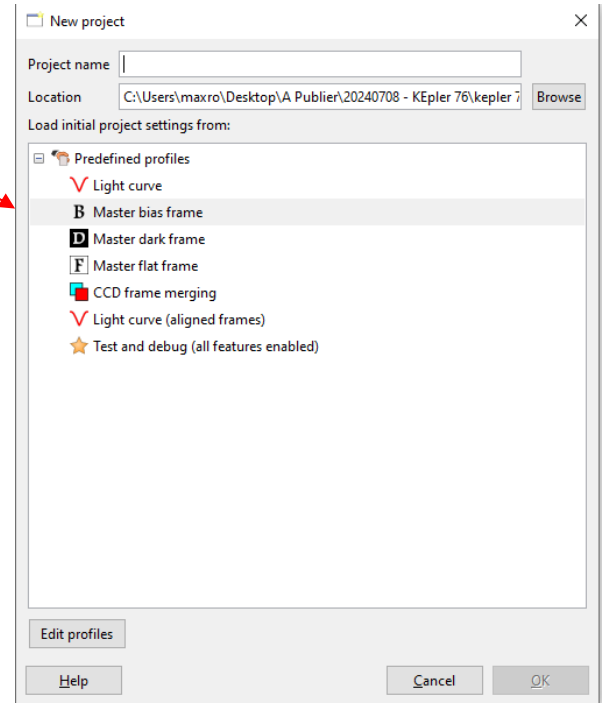
Master bias frame

OK

Ajouter les fichiers

Convertir

Make Master Bias Frame



2. Faire pareil pour le master Dark

3. Master Flat

C'est tout pareil, sauf qu'il y a cette étape ou il faut aller chercher le master bias (oui c'est écrit dark mais c'est le master bias).

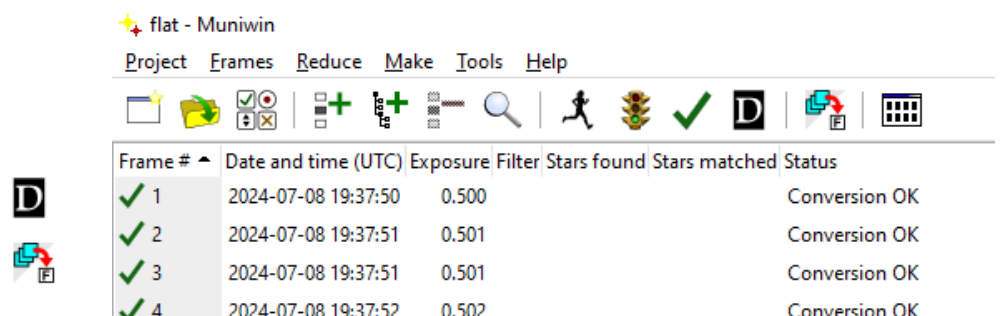
-New project

-Master Flat frame

-Conversion ✓

-Charger le master Bias

-Make master flat frame

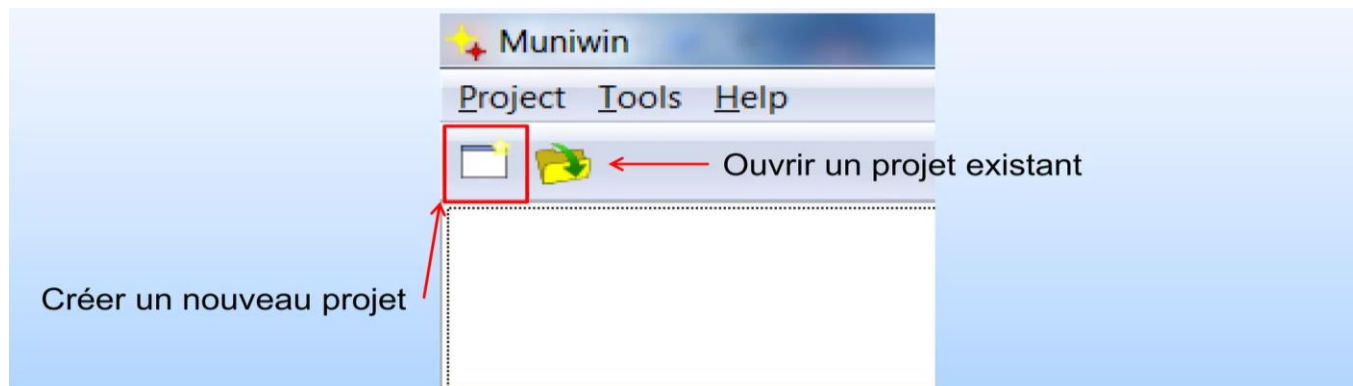


II. CRÉER UN NOUVEAU PROJET

Cliquer sur l'icône "New project" : ouvre la fenêtre "New project".

Ou ouvrir un projet existant en cliquant sur l'icone "Open project".

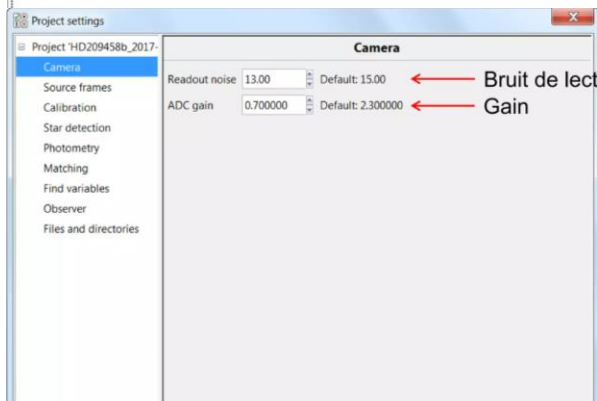
Choisir Light curve.



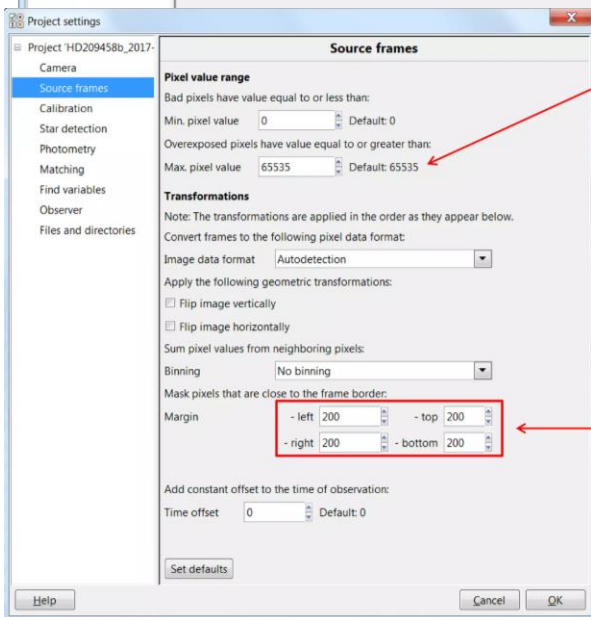
On va nommer le projet. Ça sera pratique de le nommer avec le nom de l'étoile et la date (ex. : Wasp-1_2024-03-25).

III. CONFIGURER LE PROJET

Il est préférable de vérifier les paramètres de bases. Cliquer sur l'icône "Project settings".



“Camera” Si vous connaissez ces deux valeurs pour votre caméra, les saisir, sinon laisser les valeurs par défaut.



Dynamique de la caméra

Si vous avez une caméra 16 bits, laisser 65535.

Si vous avez une caméra :
- 14 bits, mettre 16383
- 12 bits, mettre 4095

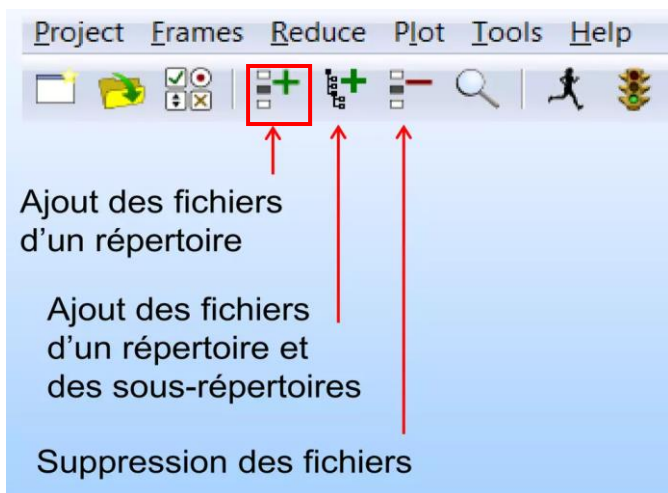
Marge de 200 pixels sur les bords pour ne pas prendre d'étoiles

“Source frames” vérifier la dynamique de la caméra.

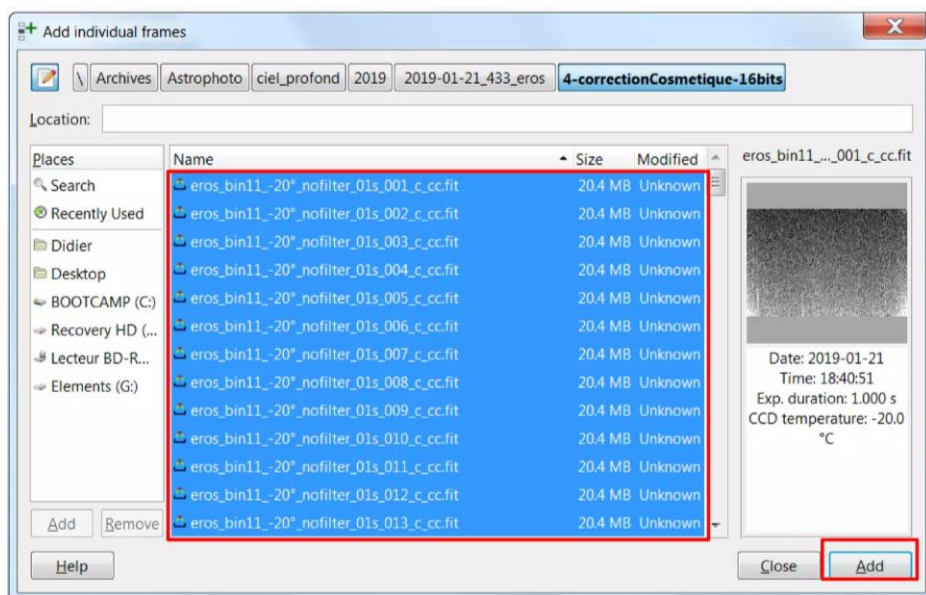
« Calibration », laisser standard.

Enfin « Observer », vous pouvez rentrer les coordonnées de votre observatoire.

IV. IMPORTER LES IMAGES



On clique sur "ajout des fichiers d'un répertoire".



Sélectionner les fichiers brutes à analyser (Ctrl+A pour tout sélectionner). **Attention : ce doit être des FITS 16 bits integer (en gros des FITS)**

Puis cliquer sur "close". Les images ont été importées dans le projet.

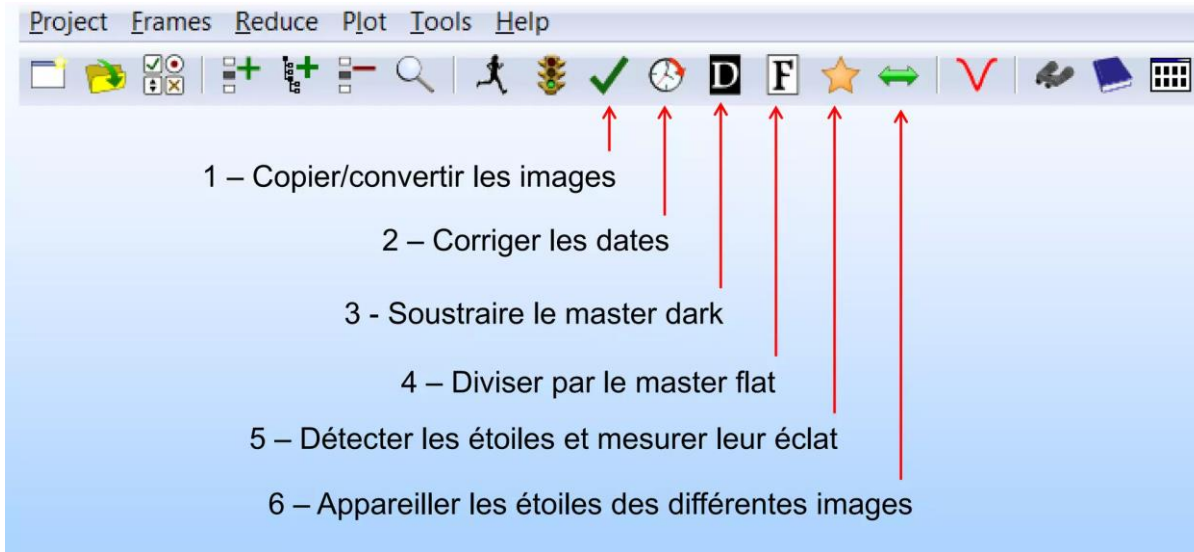
Il se peut que votre logiciel vous prévienne que les images n'ont pas toutes exactement le même temps de pose. Si les différences sont négligeables, on coche "All files" et on continue. Sinon vérifier les images brutes.

Il est conseillé de regarder rapidement les images brutes afin d'écartier les abérations. Satellite SUR l'étoile étudiée, coups de phare ou de vent... On peut le faire dans le dossier d'origine, ou en cliquant sur le dernier onglet. Mais si on fait bien nos réglages, les mauvaises images sont écartées au moment de l'alignement.



V. ANALYSER LES DONNÉES

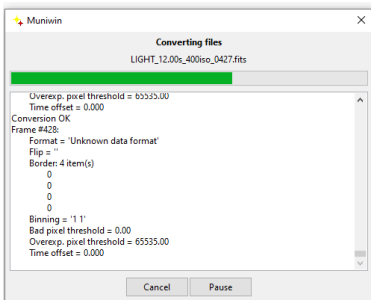
Maintenant nous allons pouvoir analyser nos données, en 6 étapes. On va cliquer sur les onglets les uns après les autres.



V.1. Conversion des images



Cliquer sur l'icône. On exécute. Et on ferme la boîte de dialogue ("ok").



A chaque manipulation, le logiciel prend son temps pour calculer. Il suffit d'attendre que la barre verte aille au bout.

Après chaque étape, on peut vérifier que cela s'est bien passé. L'icône de l'étape est à gauche et si ça s'est bien passé ou non est à droite.

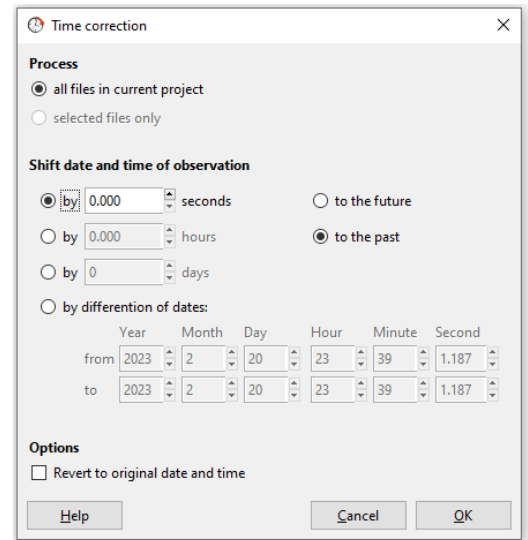
Frame #	Date and time (UTC)	Exposure	Filter	Stars found	Stars matched	Status
✓1	2019-01-21 18:40:51	1.000				Conversion OK
✓2	2019-01-21 18:42:10	1.000				Conversion OK
✓3	2019-01-21 18:44:10	1.000				Conversion OK
✓4	2019-01-21 18:49:03	1.000				Conversion OK
✓5	2019-01-21 18:51:03	1.000				Conversion OK
✓6	2019-01-21 18:53:03	1.000				Conversion OK
✓7	2019-01-21 18:55:03	1.000				Conversion OK
✓8	2019-01-21 18:57:09	1.000				Conversion OK
✓9	2019-01-21 18:59:08	1.000				Conversion OK
✓10	2019-01-21 19:01:08	1.000				Conversion OK
✓11	2019-01-21 19:03:08	1.000				Conversion OK
✓12	2019-01-21 19:05:08	1.000				Conversion OK

V. 2. Correction des heures d'acquisition




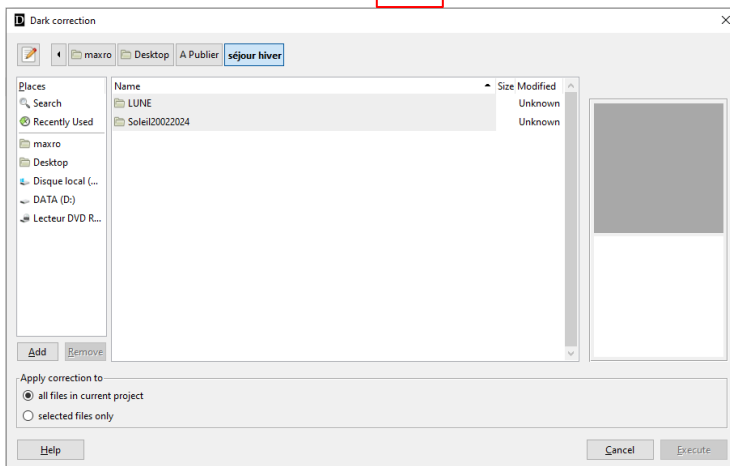
Par convention, il faut que l'heure de l'image soit celle du milieu de la pose. Certains logiciels ou caméras mettent l'heure du début de la pose. Dans ce cas, il faut ajouter la moitié du temps de pose. On peut aussi corriger si le PC d'acquisition n'était pas parfaitement à l'heure. Dans notre cas, avec la ZWO 178, c'est l'inverse. Il faut enlever la moitié du temps de pause.

Cliquer sur l'horloge. Dans notre cas il faudra indiquer la moitié du temps de pause **"to the past"**.



V. 3. et 4. Prêt-traitement

Les deux prochains onglets sont seulement si vous avez des images de calibration et que vous avez des masters déjà prêts (ce que normalement nous venons de faire). Si c'est le cas, vous cliquez sur le Dark  et allez charger votre master dans son dossier. Puis, exécutez.



Idem si vous avez un master Flat. 

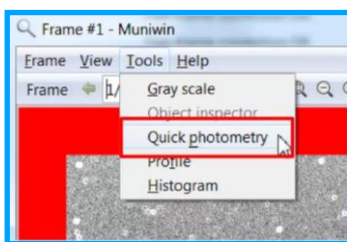
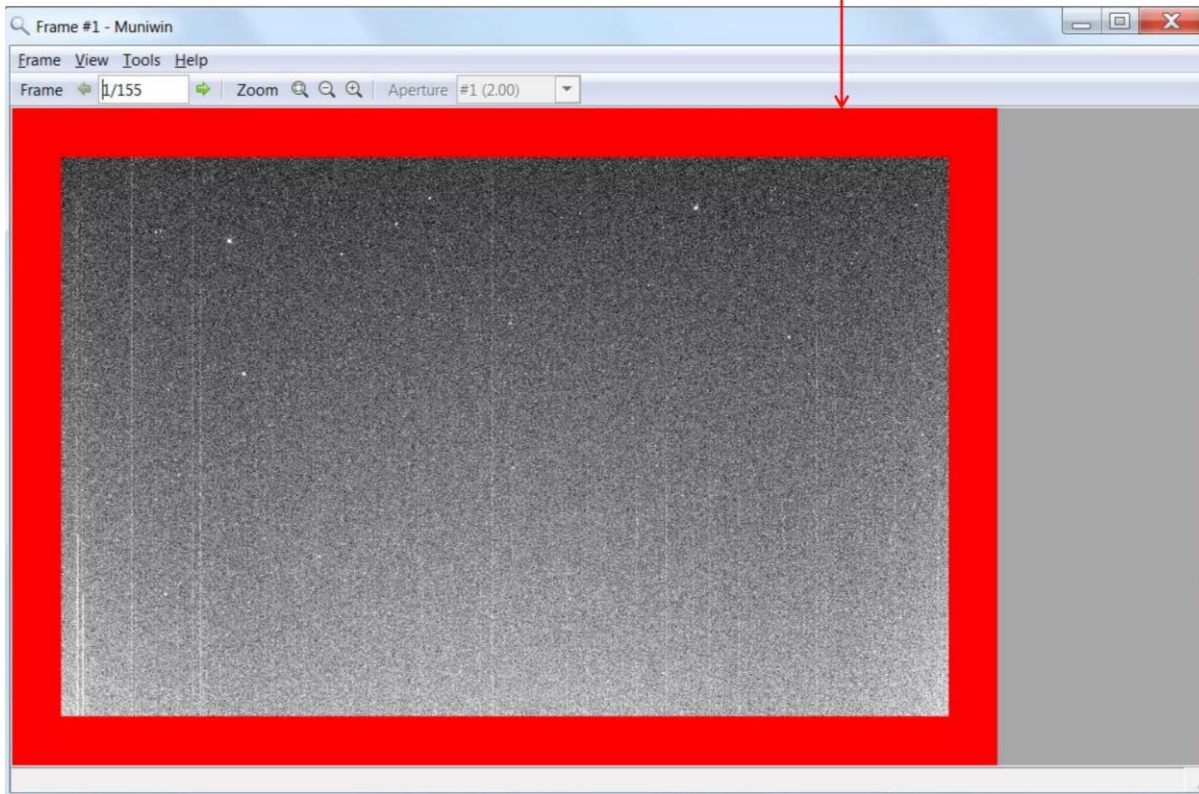
V. 5. PREPARER L'ANALYSE PHOTOMETRIQUE

Cette étape permet de trouver les bons paramètres pour les étapes suivantes. Nous allons visualiser nos images et décider des paramètres permettant au logiciel de transformer des tas de pixels avec une certaine intensité en luminosité d'étoile.

Double clic sur une image.

Trouver l'étoile étudiée ! Zoomer avec la molette.

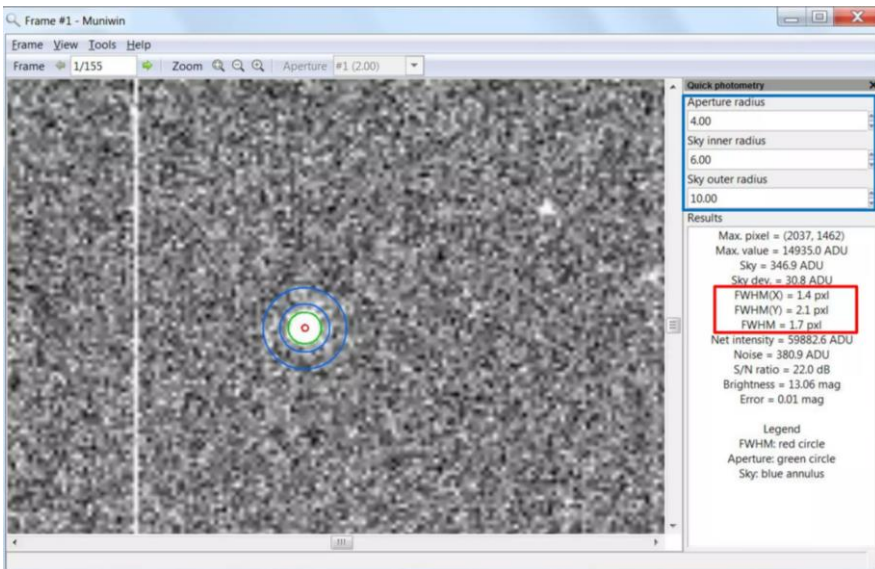
En rouge : marge de 200 pixels définies au début



Tools

Quick photometry

Le principe est de faire varier les 3 anneaux pour avoir l'ouverture de l'étoile dans l'anneau vert. L'intermédiaire étoile-ciel dans le premier anneau bleu (inner) et que du ciel dans le second anneau bleu (outer).



L'anneau vert doit recouvrir complètement l'étoile et prendre un tout petit peu de ciel noir si nécessaire.

Indication

Aperture radius (anneau vert) :

1,5 à 2x la FWHM

Sky inner : 3x FWHM

Sky outer : 5x FWHM

Noter les valeurs en pixels (cadre bleu)

Noter la FWHM

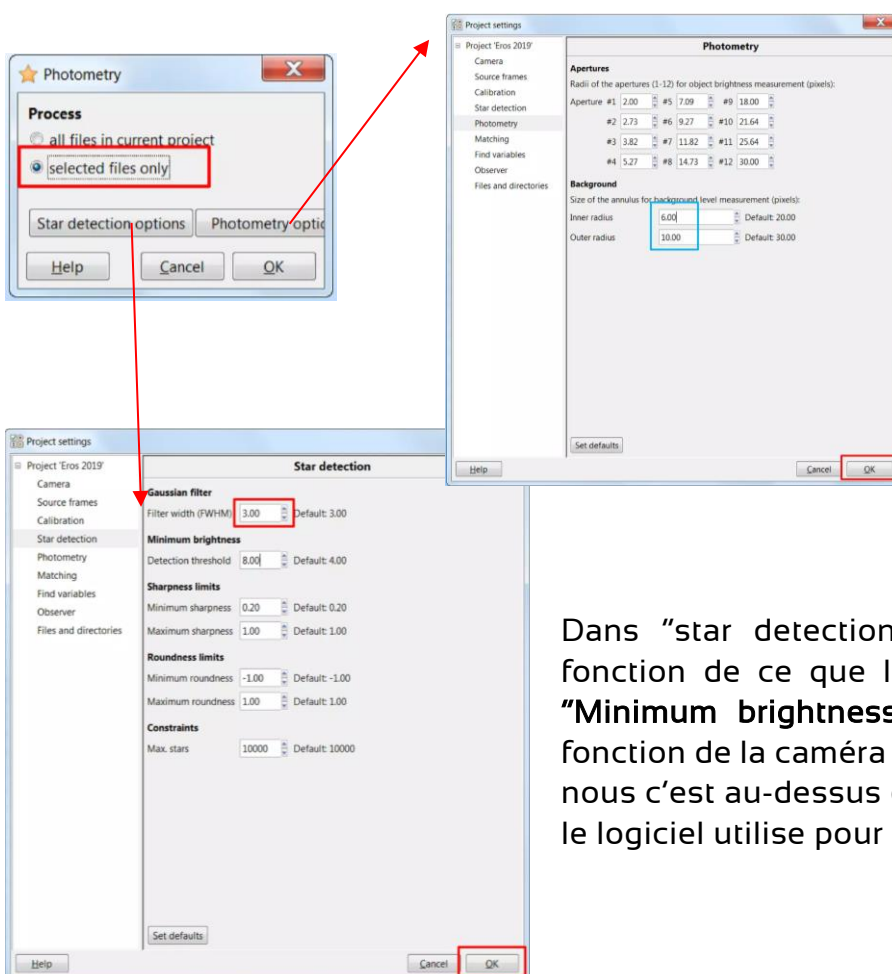
Faites le sur plusieurs images aléatoirement choisies et faites vous une idée globale des valeurs.

V. 6. Détection des étoiles



On va lancer la détection des étoiles et la mesure de leur éclat. D'abord sur une image pour ajuster les paramètres de détection des étoiles, puis quand nous sommes satisfaits, sur toutes les images.

Sélectionner une image. Cliquer sur l'étoile. Sélectionner "selected files only".



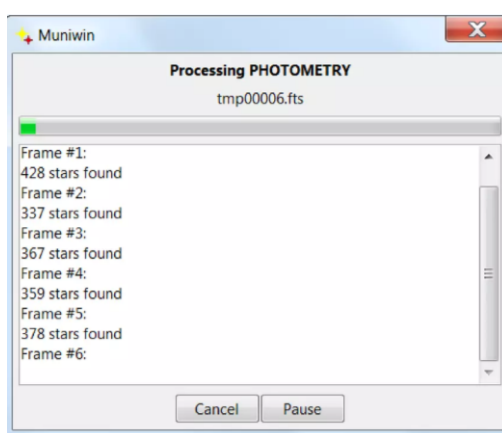
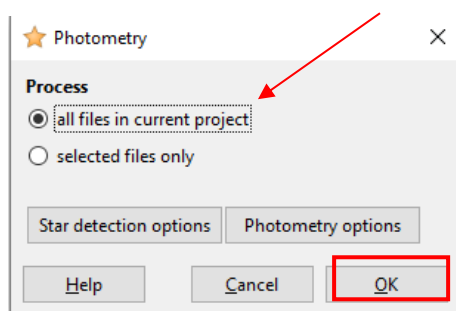
Dans "photometry options", ajuster les valeurs du background avec les valeurs déterminées plus haut. On peut choisir nos "apertures" autour de notre aperture radius (anneau vert). Ce qui permettra de choisir plus tard la meilleure avec plus de finesse.

Dans "star detection option" ajuster la FWHM en fonction de ce que l'on a noté plus haut. Calibrer le "Minimum brightness" avec "detection threshold" en fonction de la caméra et de l'ordinateur. En général, pour nous c'est au-dessus de 7. Cela correspond au seuil que le logiciel utilise pour différencier le bruit des étoiles.

Le logiciel a trouvé 3092 étoile dans notre exemple, c'est beaucoup par rapport aux étoiles vraiment visibles sur notre image. Il prend probablement du bruit pour des étoiles. Nous allons donc ajuster les seuils de détection.

Frame #	Date and time (UTC)	Exposure	Filter	Stars found	Stars matched	Status
1	2019-01-21 18:40:51	1.000		3092		Photometry OK (3092 stars found)
2	2019-01-21 18:42:10	1.000				Conversion OK

Nous allons augmenter **“Minimum brightness”**. Et recommencer, TOUJOURS sur une image, jusqu'à temps que le logiciel trouve un nombre d'étoiles acceptable. Il en faut quand même un peu plus de détecter que de visibles, sinon on risque de sous-détecter. Une fois que le nombre d'étoile nous convient, on lance le calcul sur toutes les images.



C'est la partie la plus longue à calculer.

Le nombre d'étoiles reste autour de 400 étoiles détectées dans chaque image, c'est correct.

Frame #	Date and time (UTC)	Exposure	Filter	Stars found	Stars matched	Status
1	2019-01-21 18:40:51	1.000		428		Photometry OK (428 stars found)
2	2019-01-21 18:42:10	1.000		337		Photometry OK (337 stars found)
3	2019-01-21 18:44:10	1.000		367		Photometry OK (367 stars found)
4	2019-01-21 18:49:03	1.000		359		Photometry OK (359 stars found)
5	2019-01-21 18:51:03	1.000		378		Photometry OK (378 stars found)
6	2019-01-21 18:53:03	1.000		320		Photometry OK (320 stars found)
7	2019-01-21 18:55:03	1.000		475		Photometry OK (475 stars found)
8	2019-01-21 18:57:09	1.000		469		Photometry OK (469 stars found)
9	2019-01-21 18:59:08	1.000		541		Photometry OK (541 stars found)
10	2019-01-21 19:01:08	1.000		481		Photometry OK (481 stars found)
11	2019-01-21 19:03:08	1.000		491		Photometry OK (491 stars found)
12	2019-01-21 19:05:08	1.000		479		Photometry OK (479 stars found)

V.7. Alignement des images



Le principe est d'apparier des étoiles dans chaque image, afin de les aligner et de mesurer les mêmes objets sur chaque image.

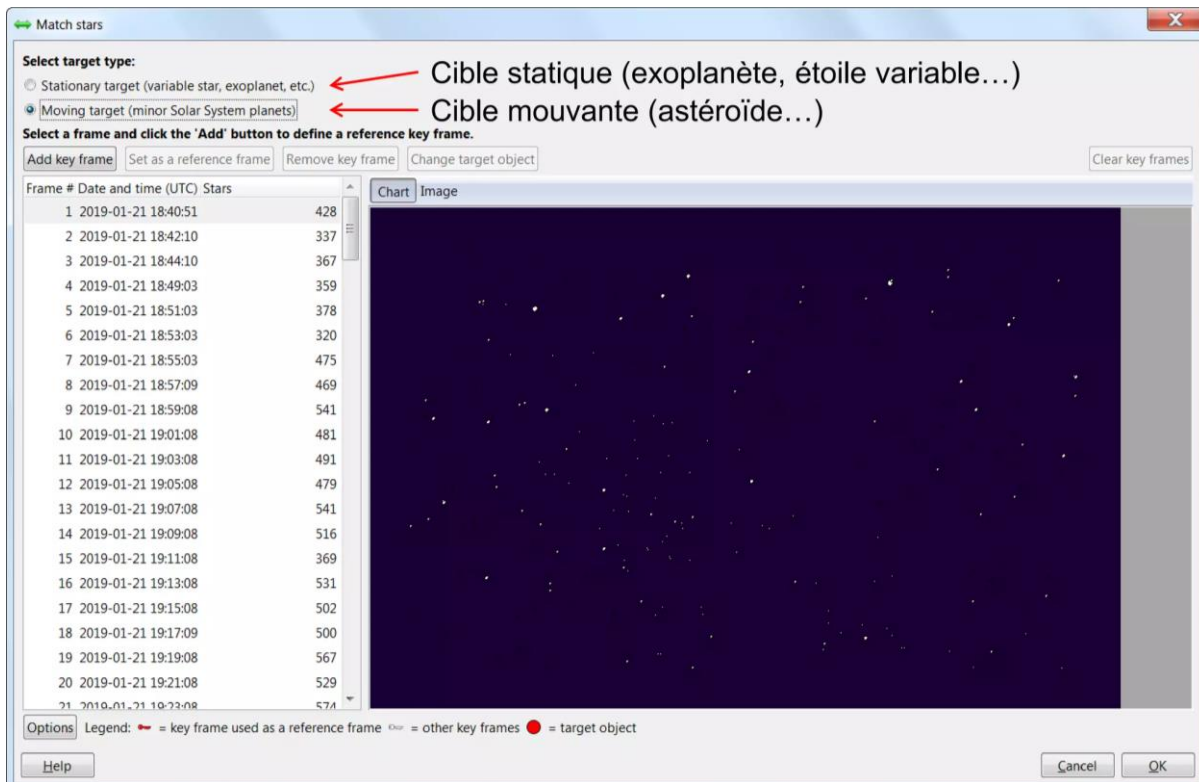
Cliquer sur l'icône.



Sélectionner

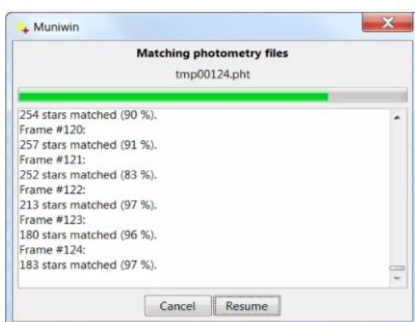
"Stationnary

target"

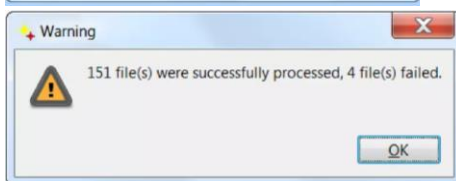


Il n'est pas toujours opportun de considérer la première image de la liste comme image de référence, car c'est elle qui contient le plus d'étoiles. Parfois, prendre la 10ème permet de se baser sur des étoiles vraiment toutes détecter sur toutes les images.

Cliquer sur l'image de référence.



Le logiciel calcul.



Ici, il y a 4 images pour lesquelles le logiciel n'a pas trouvé d'étoiles qui correspondent avec l'image de référence. Ces images ne seront donc pas prises en compte de la reste de la procédure. Ce n'est pas très grave sur des centaines d'images. En vérifiant, il s'agit d'image avec des problèmes (mauvais suivi, coup de vent ...)

S'il s'avère qu'il y a beaucoup d'image qui ne sont pas alignées, il est nécessaire de revoir l'étape précédente en modifiant le seuil la plupart du temps, voir le filtre par la FWHM.

V.8. Tracer la courbe de lumière



Nous allons maintenant tracer la courbe de lumière (ou plutôt un nuage de points).

Correction plus ou moins efficace, possible uniquement si vous avez renseigné les coordonnées de votre observatoire.

Correction plus ou moins efficace, possible uniquement si vous remplissez la description de l'objet et donc ses coordonnées. (parfois c'est dans les métadonnées de l'image, et ça se remplit tout seul)

Cocher "ensemble photometry" quoi qu'il arrive !

Et ensuite "apply"

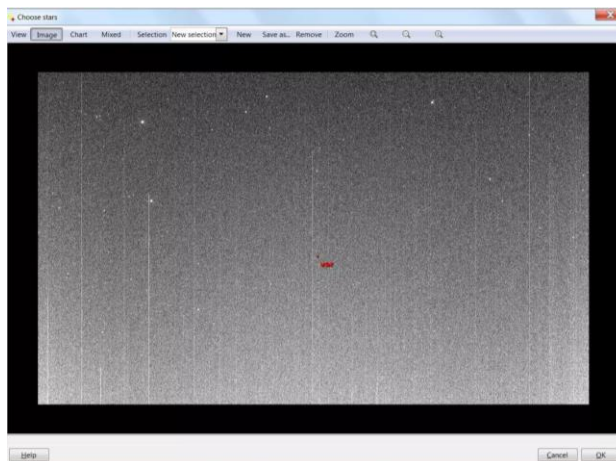
Sélectionner l'étoile à étudier en cliquant dessus -> "variable".

Sélectionner des étoiles de comparaison.

Attention : les étoiles de comparaison ne doivent pas être saturées, ne doivent pas être des variables connues, pas sur les bords et le plus proche possible de la magnitude et du type spectral de notre étoile.

Il est possible de les choisir en prenant exemple sur les courbes déjà réalisées sur var Astro, ou ici :

<https://simbad.cds.unistra.fr/simbad/sim-fid>



Identifiant :

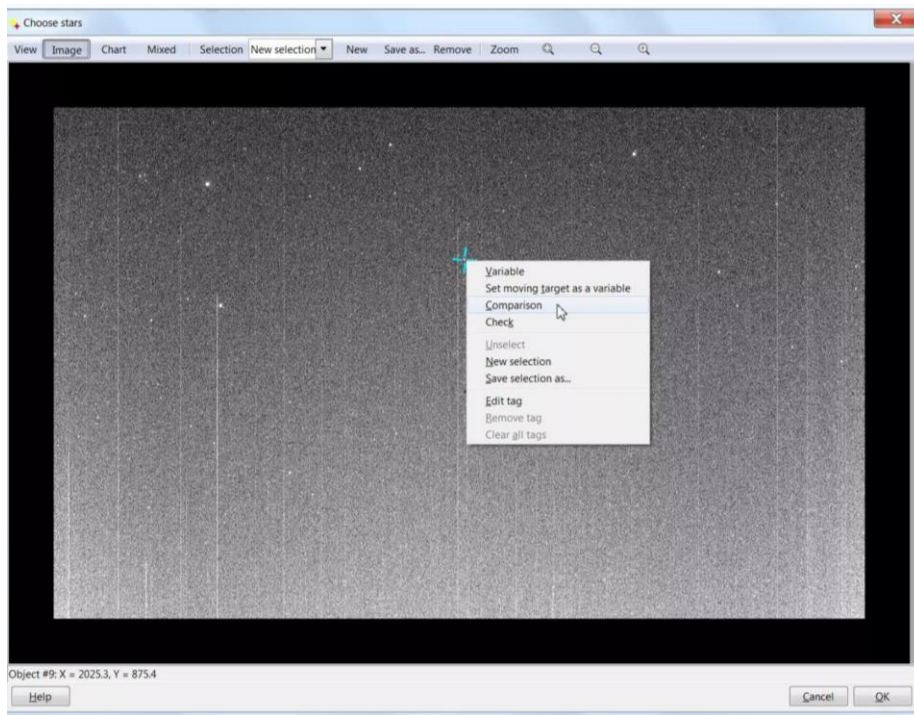
*sirius, M31, MCG+02-60-010
How to write an identifier can be found in the IAU format can also be used, with the following iau [J|B]1230+08 [* enlarging-factor] [=*

you can choose to query :

around the object, define a radius :

~ 37 objects

Rentrer un peu plus que le champ angulaire de votre image.

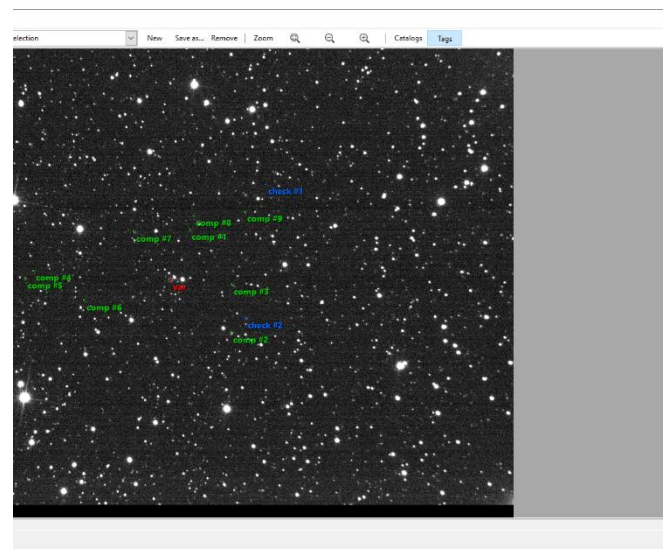


Cliquer sur les étoiles les unes après les autres.

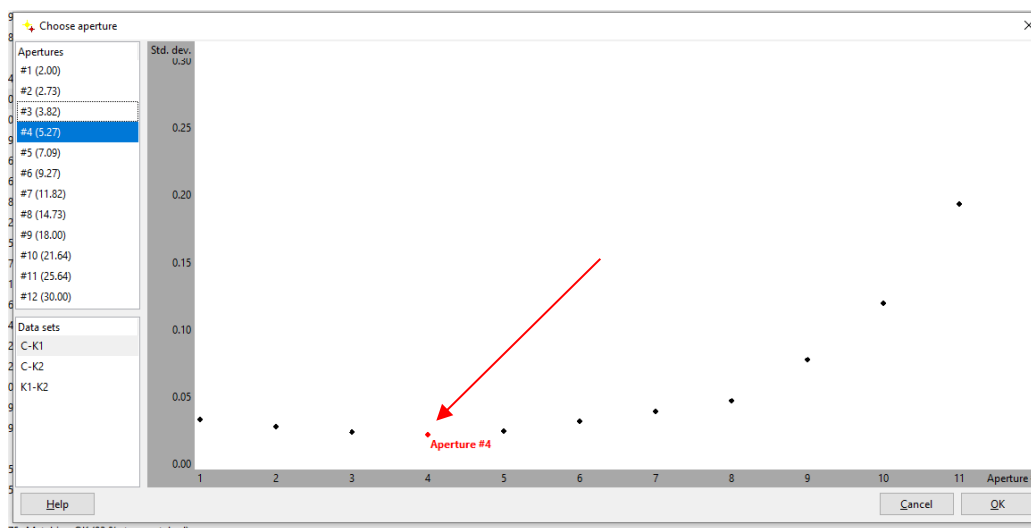
Choisir « Comparison »

On peut sélectionner des étoiles de vérification. "check"

Ensuite on va cliquer sur "Ok".



Sélectionner l'ouverture la plus basse de la courbe. Normalement elle correspond à notre « aperture radius » du V 5 page 9.



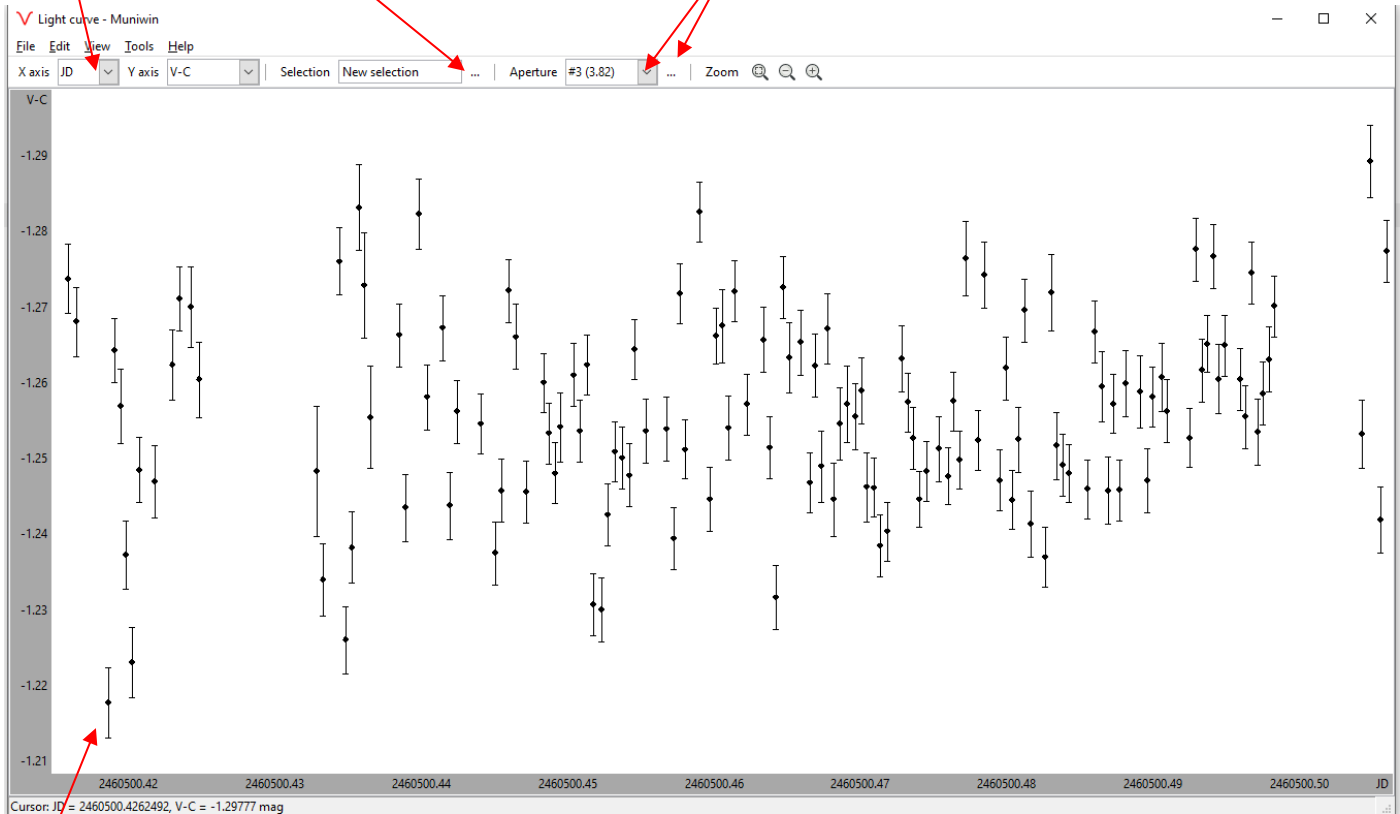
Cliquer ok

Résultat :

Afficher le temps en heure UTC au lieu du jour julien.

Choisir de nouvelles étoiles de comparaison

Changer d'ouverture



Barre d'erreur, l'idéal est qu'elles soient les plus petites possibles.

Signification des valeurs du menu déroulant "Y axis".

V : étoile variable
C : étoile de comparaison
KN : étoile de vérification (check) n°N

Y axis	V-C
	V-C
	V-K1
	V-K2
	C-K1
	C-K2
	...
	K1-K2

Magnitude de l'étoile variable moins la magnitude de l'étoile de comparaison

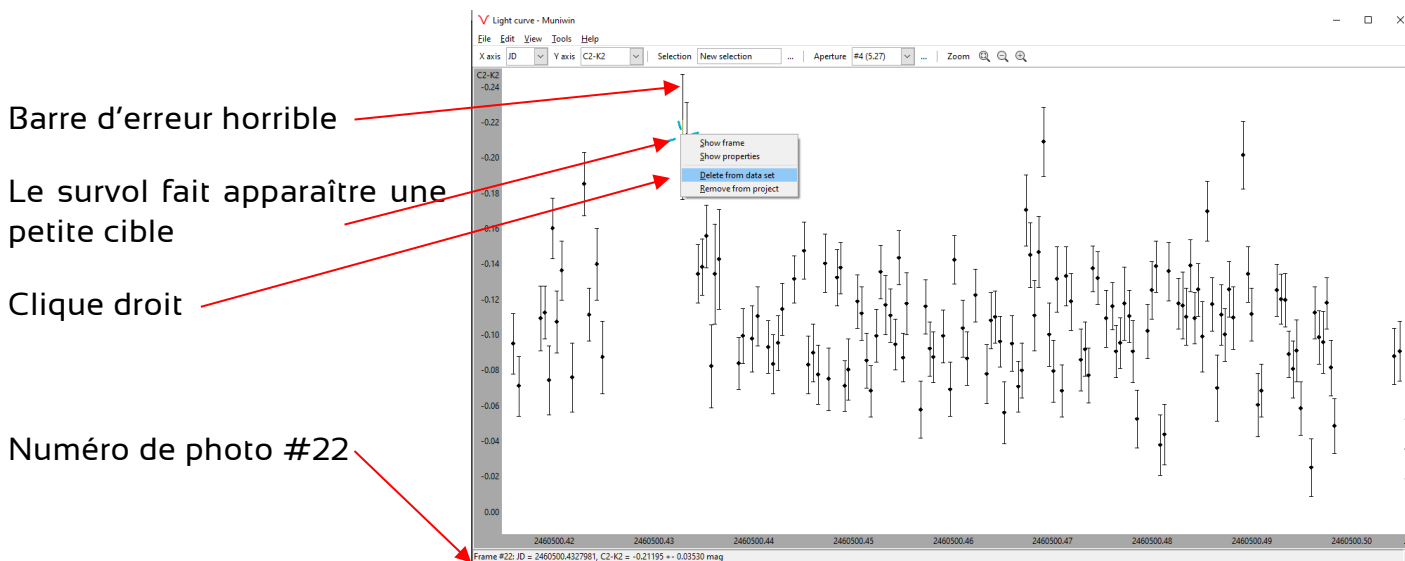
Magnitude de l'étoile variable moins la magnitude de l'étoile de vérification 1

Magnitude de l'étoile variable moins la magnitude de l'étoile de vérification 2

...

VI. AJUSTER LA COURBE

S'il y a des points aberrants, on peut aller voir les images correspondantes (quand on survole sur le point, le numéro de photo est indiqué) et si effectivement elles sont étranges (le télescope à bouger, soucoupes volantes...), on les retire du jeu de données.



On peut faire varier l'ouverture.

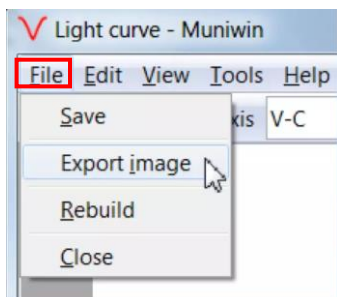
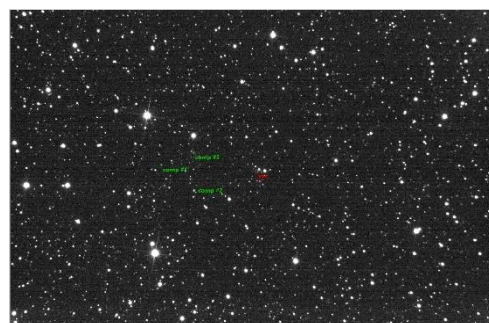
On peut ajuster le choix de nos étoiles de comparaison. En faisant varier les Cn en fonction des Kn, on peut voir quelles sont les étoiles de comparaison les plus appropriées. Ce sont celles qui montrent les plus petites barres d'erreur et de manière constante. Pour cela on s'aide des graphes accessibles selon l'image précédente.

On peut sélectionner, désélectionner les étoiles et refaire la courbe jusqu'à ce que l'on soit satisfait.

Quand on est content de notre courbe :

VII. SAUVEGARDER

Faire une capture d'écran des étoiles de comparaison. Il est préférable de retirer les étoiles chek.

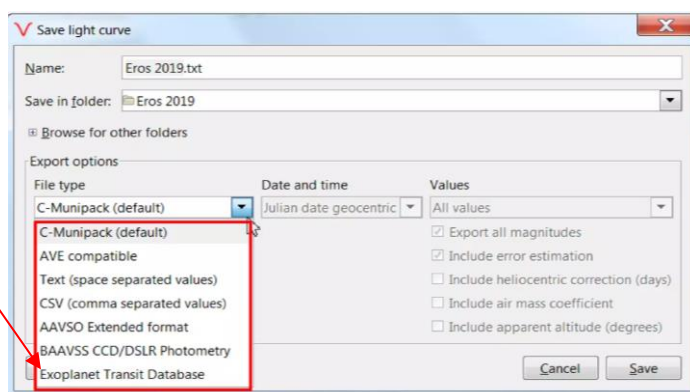


Sauvegarder la courbe (pour le plaisir)

Sauvegarder les points de mesure.

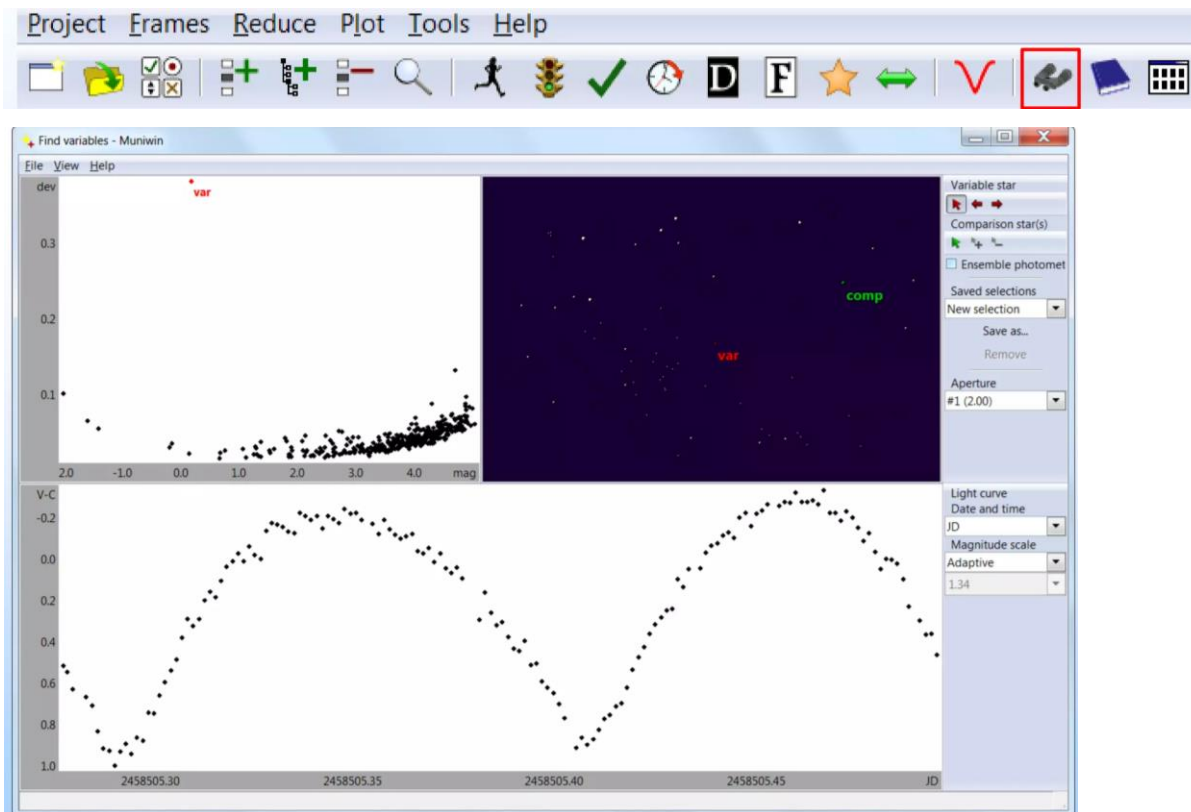
Files -> Save

Pour les exoplanètes, le format "Exoplanet Transit Database" est parfait. Le fichier doit être en .txt



VIII. EXPLORATION

Une fonctionnalité intéressante : rechercher des étoiles variables dans le champ.



Les étoiles dont la luminosité varie le plus par rapport à l'étoile de comparaison sont celles en haut du premier graphique.

En cliquant sur un des points, le deuxième graphique affiche la courbe de lumière.

On peut aussi se servir de cet outil pour trouver des bonnes étoiles de comparaison.

Pour aller plus loin

Tutoriel vidéo pour établir une courbe de lumière avec Muniwin :

<https://www.youtube.com/watch?v=EnhltrAbIQ>

Tutoriel Muniwin :

<https://astrojolo.com/more-than-pictures/photometry-with-muniwin/>

Tutoriel vidéo pour choisir des étoiles de comparaison avec Aladin :

<https://www.youtube.com/watch?v=XTTNtugFR1o>

Tutoriel vidéo pour établir une courbe de lumière en direct avec Muniwin :

<https://www.youtube.com/watch?v=99dkhstpDQA>