

# Comment mesurer les minima des binaires à éclipses : expériences d'un amateur

Laurent CORP

[laucorp@wanadoo.fr](mailto:laucorp@wanadoo.fr)

Président de l'Association Aveyronnaise d'Astronomie Amateur ANDROMEDE 4A

AAVSO – BAA VSS Member

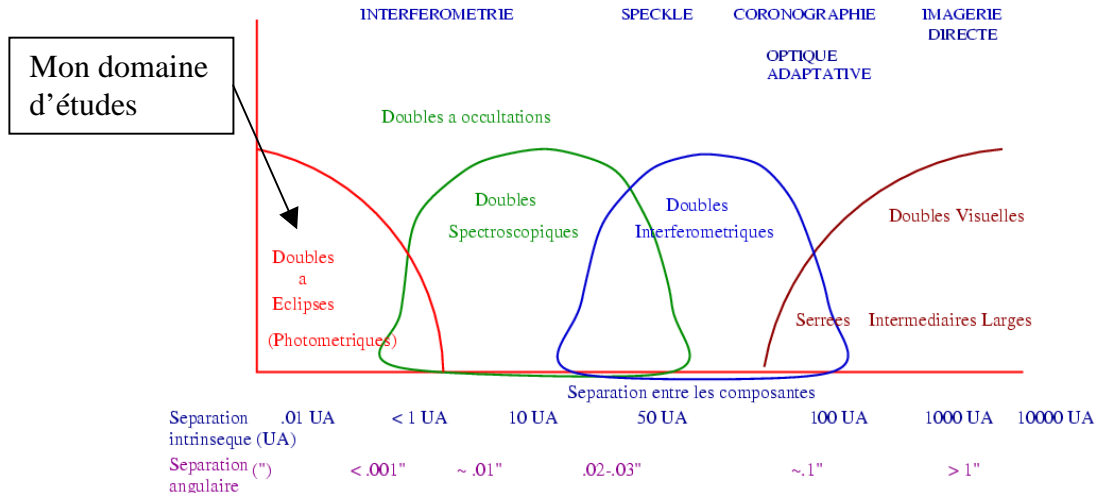
Garden Observatory

<http://astrosurf.com/lcorp>

Les étoiles de type « binaire à éclipse » sont très peu étudiées par les astronomes amateurs ; en les observant, l'amateur passionné d'étoiles doubles devient photométriste. Cet article a pour but d'expliquer les différents types de binaires à éclipses à mesurer et de présenter les logiciels à utiliser pour prédire les minima, les moyens de mesure – télescope, caméra CCD, filtres photométriques et logiciels – à utiliser ainsi que la manière d'effectuer les réductions. La dernière partie explique des courbes de lumières obtenues au cours de diverses campagnes, la critique de celles-ci en sera présentée.

## LES CATEGORIES D'ETOILES DOUBLES ET MULTIPLES

(dependent des techniques d'observation)



- 1- Qu'est ce qu'une binaire à éclipse ?
- 2- Comment observer les minima
  - a. Comment prédire les minima
  - b. Comment choisir l'étoile à mesurer ?
  - c. Les cibles négligées
- 3- Quel matériel choisir ?
  - a. Exemple : mon matériel et logiciels
  - b. Mon programme d'observation
- 4- L'acquisition et le dépouillement des images
  - a. L'acquisition
  - b. L'envoi des données

- c. Détermination du temps du minimum
- 5- Quelques courbes de lumières
- 6- Conclusion

## 1 - Qu'est-ce qu'une binaire à éclipse ?

De manière très simplifiée, on peut classer les étoiles variables en trois catégories : les pulsantes, les cataclysmiques et les binaires à éclipses.

Dans le cas des étoiles binaires à éclipse, la variation de luminosité est due au fait que l'on est en présence d'un système d'étoile double, dans lequel l'une des composantes occulte l'autre, provoquant une baisse de luminosité apparente de l'ensemble.

Les binaires à éclipse peuvent être classées en 3 catégories principales : les **algolides** (EA), les **Beta Lyrae** (EB) et les **W Ursae Majoris** (EW).

Il existe également des sous types basés sur les caractéristiques des composantes ainsi que sur les spécifications du Lobe de Roche

### Les algolides (EA)

Le minimum principal est bien marqué mais le minimum secondaire est soit important ou presque indécélable (voir figure 1). On compte des milliers d'étoiles de ce type.

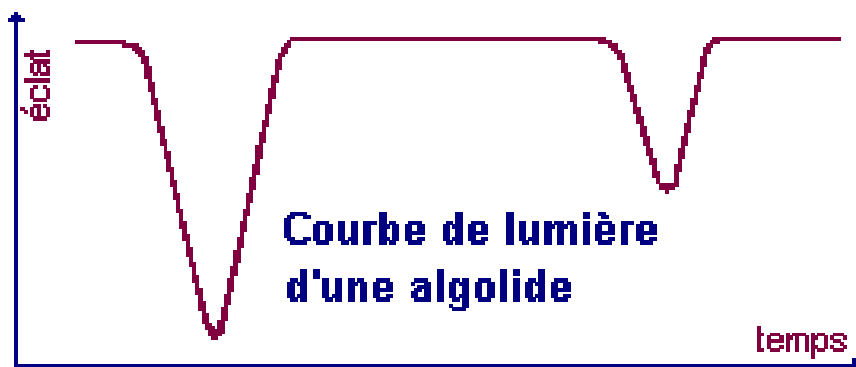


Fig 1 : Courbe de lumière des « Algolides »

### Les Beta Lyrae (EB)

Le minimum principal est bien marqué et le minimum secondaire aussi important que le primaire, la courbe de lumière est arrondie, ceci est dû à l'attraction gravitationnelle des étoiles (voir figure 2).

On compte seulement que quelques centaines d'étoiles de ce type là. Les deux astres sont déformés à cause de l'attraction gravitationnelle qu'ils exercent l'un sur l'autre, ce qui leur donne une forme très allongée, visible alternativement de face et de profil.

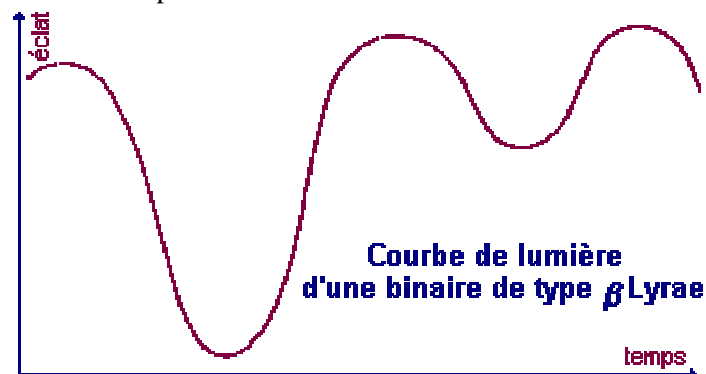


Fig 2 : Courbe de lumière des « Beta Lyrae »

## W Ursae Majoris (EW)

Le minimum principal est quasiment identique au minimum secondaire (voir figure 4). L'arrondi de la courbe est dû, là aussi, à l'attraction gravitationnelle réciproque des étoiles comme pour les Beta Lyrae. Ici aussi il y a échange de matière entre les étoiles. La période des EW est souvent inférieure à la journée, cette période peut varier à cause du transfert de masse.

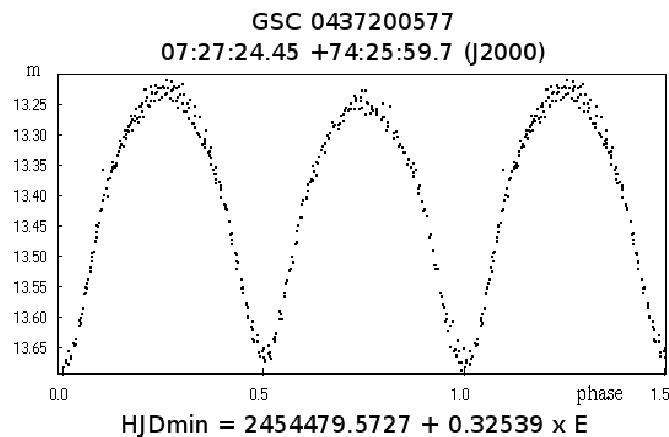


Fig 3 : Courbe de lumière des « W Ursae Majoris »

La période de l'orbite d'une binaire à éclipses peut être calculée en étudiant sa courbe de lumière, et les tailles relatives de chacun des membres (par rapport au rayon) peuvent être déterminées en observant la vitesse à laquelle la luminosité de l'étoile la plus éloignée diminue lorsque l'autre lui passe devant. Si de plus la binaire est également une binaire spectroscopique, il est possible de trouver tous les éléments orbitaux, la masse pouvant être déduite relativement facilement, ce qui signifie que les densités relatives de ces astres peuvent également être calculées.

Si vous voulez simuler des étoiles binaires, vous pouvez utiliser le logiciel «Eclipsing Binary Simulator», disponible sur le site suivant : <http://cosmion.net/software/ebs> . Il est possible d'ajuster tous les paramètres du système binaire (masses, rayons, distances, etc) pour simuler tous types de combinaisons de couples stellaires.

## 2 - Comment observer les minima ?

De la prédiction des minima à la mesure puis à l'interprétation des données, toutes les étapes sont importantes et requièrent le plus grand soin.

Il faut chercher impérativement à avoir des données de qualités plutôt que des quantités de données inexploitable.

### a) Comment prédire les minima

Les prévisions de minima sont possibles soit à l'aide de sites Internet dédiés qui fournissent des éphémérides d'éclipses en ligne (voir encadré ci-contre) soit à l'aide de logiciels spécialisés, pour lesquels le choix est assez restreint.

Une remarque très importante : les heures fournies par ses différents sites ou logiciels sont fournis en Temps Universel ou temps local. Certaines heures sont calculées en temps géocentriques ou héliocentriques. Considérez donc ses prédictions comme une indication pour l'heure du minima. Je vous conseille de travailler toujours TU, prenez cette habitude dès aujourd'hui si vous ne l'avez pas encore.

---

### Logiciels de prédictions des minima

- EPHEMERIDES, téléchargeable sur le site : <http://www.motl.cz/dmotl/predpovedi>

Ce logiciel écrit par David Motl, vous permettra de faire des prédictions sur le terrain, même si vous n'avez pas de connexion internet disponible (voir figure 4). Il propose différents critères (magnitude, ascension droite, déclinaison, etc ...) et différents catalogues pour la sélection des étoiles à étudier. Il est souvent très utile de constituer ses propres catalogues.

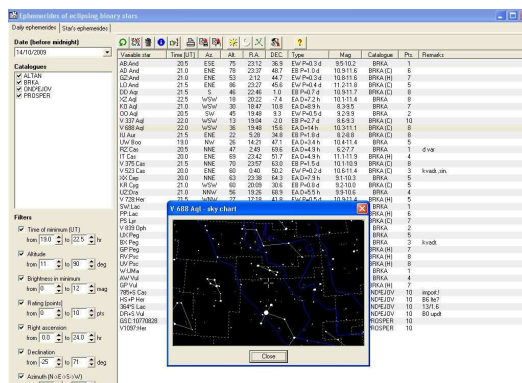


Fig 4 :

- **EBMIN 20, téléchargeable sur le site : <http://members.shaw.ca/bob.nelson/software1.htm>**

Ce logiciel a été écrit par Bob Nelson, observateur assidu de ce type d'étoiles. On notera que le temps indiqué par certains logiciels est volontairement approximatif afin de ne pas influencer l'observateur.

## Sites Internet de prévisions de minima

<http://www.as.up.krakow.pl/ephem>

Site géré par J.M. Kreiner, du Mt. Suhora Astronomical Observatory Cracow Pedagogical University.

Ce site présente les minima primaires et secondaires d'une étoile dont on connaît le nom et la constellation.

<http://www.rollinghillsobs.org/perl/calcEBephem.pl>

Eclipsing Binary Ephemeris Generator. Ce site géré par Shawn, Dvorak prend en compte plusieurs catalogues et les prévisions prennent en compte la latitude, la longitude, la date et l'heure d'observation, ainsi que les déclinaisons maximales et minimales et les magnitudes maximales et minimales.

<http://britastro.org/vss/>

Ce site de la section Binaires à Eclipses de la BAA (British Astronomical Association) contient également une liste d'étoiles à observer. La rubrique est maintenue par Des Loughney avec qui je collabore sur certaines cibles bien précises et qui observe avec un APN (DSLR) en Ecosse.

### b) Comment choisir l'étoile à mesurer ?

Le choix de l'étoile à observer dépend en premier lieu du temps disponible pour être opérationnel. En effet, si vous possédez un observatoire dans votre jardin, le temps d'installation et de pointage ne sera pas le même que si vous êtes un observateur itinérant qui doit faire deux heures de trajet et qui aura besoin d'une bonne heure supplémentaire avant d'être fin prêt.

Le choix dépend également des conditions d'observation (pollution lumineuse), de l'expérience de l'observateur (pour les premières mesures, on choisira des étoiles faciles à repérer et relativement lumineuses), des performances du matériel utilisé (CCD, télescope, monture) et du temps disponible (pour obtenir des résultats probants, l'idéal est de pouvoir commencer les mesures 1h30 avant le minima et de les continuer jusqu'à 1h30 après).

Si vous n'avez jamais mesuré ce type d'étoiles, je vous conseille de choisir des cibles dont l'écart en magnitude entre le minima et le maxima est important (plus d'une demi magnitude) afin d'avoir une courbe

de lumière facile à construire. Vous pouvez aussi vous aider en choisissant une étoile qui a été observée depuis peu de temps afin de comparer vos mesures à des précédentes effectuées par d'autres.

Quand enfin vous avez choisi votre cible, il faut vous procurer la carte de référence et la table photométrique que vous pouvez télécharger sur le site de l'AAVSO :

<http://www.aavso.org/observing/charts/vsp>

Les cartes indiquent le nom de l'étoile, le numéro de la carte, le champ, l'orientation, les magnitudes mini et maxi, le type d'étoile et son spectre (voir figure 6).

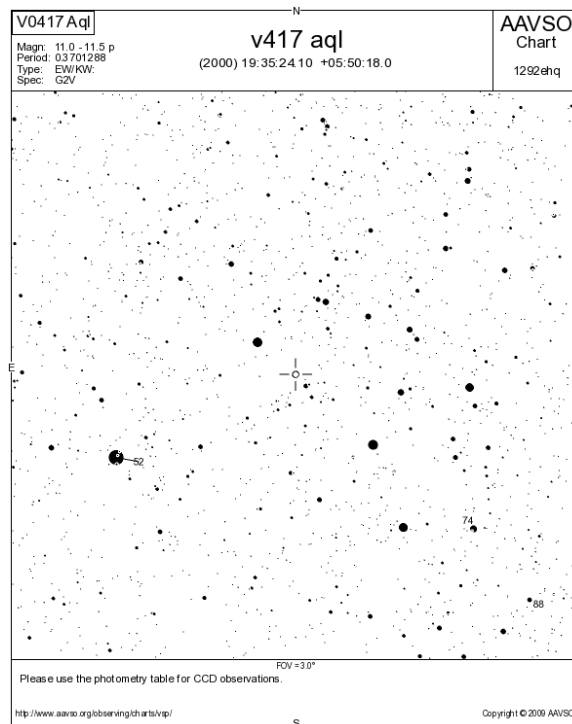


Fig 5 : Carte de champ de V417 Aql ©AAVSO

Les étoiles marquées par des chiffres représentent les magnitudes des étoiles de comparaisons, notez bien que les chiffres ne sont pas séparés par des virgules ou des points pour éviter toutes confusions. La carte photométrique indique la magnitude des étoiles de comparaison en bandes UBVRJHK (voir figure 5). Une autre chose importante à vérifier sur la carte ou alors avec un logiciel de cartographie (tels que GUIDE 8, C2A, The Sky 6....) est que l'étoile à mesurer n'est pas « polluée » par d'autres étoiles à proximité car vous prenez le risque de mesurer le flux de l'étoile cible ainsi que l'étoile voisine.

### Field Photometry For v417 AQL From the AAVSO Variable Star Database

Data includes all comparison stars within 1.5° of RA: 19:35:24.10 (293.85042) & Decl.: 5:50:18.00 (5.83833).

AUID	RA.	Dec.	Label	U	B	V	Rc	Ic	J	H	K	Comments
000-BCH-407	19:39:11.64 [294.79849d]	5:23:52 [5.39778d]	52	4.600 (0.173) 22	5.200 (0.141) 22	5.170 (0.100) 22	5.138 (0.141) 24	-	5.304 (0.053) <sup>§</sup>	5.369 (0.031) <sup>§</sup>	5.278 (0.017) <sup>§</sup>	
000-BCH-005	19:31:38.38 [292.90991d]	5:01:16.5 [5.02125d]	74	-	7.468 (0.047) 1	7.442 (0.032) 1	-	7.377 (0.087) 16	7.240 (0.017) <sup>§</sup>	7.229 (0.043) <sup>§</sup>	7.236 (0.013) <sup>§</sup>	
000-BCG-940	19:30:27.35 [292.61395d]	4:38:51.1 [4.64753d]	88	-	9.661 (0.044) 1	8.791 (0.015) 17	-	7.884 (0.104) 16	7.100 (0.019) <sup>§</sup>	6.741 (0.029) <sup>§</sup>	6.616 (0.009) <sup>§</sup>	

Report this sequence as: 1346mhc in the *chart* field of your observation report.

- AUID is the AAVSO Unique Identifier for the star. When reporting a problem, please include this AUID.
- Coordinates are in J2000 sexagesimal format, followed by decimal degrees
- [Click here for a search of variable stars in this field](#) via V SX
- Label is that star's label when plotted on an AAVSO chart, this is usually (but not always) its V magnitude rounded to the tenths.

#### Source Reference Table

Footnote	Source	Footnote	Source	Footnote	Source
1	Tycho-2	11	CVCAT	21	SDSS
2	GSC 1.2	12	Hipparcos	22	BSC
3	GSC 2.2.1	13	Draper, Draper Ext.	23	B. Skiff's LONEOS
4	USNO A2	14	NSV	24	WBVR
5	USNO B1	15	AAVSO Charts from <2006	25	DENIS
6	GCVS	16	TASS	26	CMC14
7	USNO Astrograph	17	ASAS3	27	RR Lyr Comp Star Database
8	2MASS	18	Sonoma Research Obs.	28	-
9	AAVSO Charts from ~2006-2008	19	Other	29	-
10	Henden USNO 1m	20	GCPD	30	-

Fig 6 : Table photométrique © AAVSO

### c) Les cibles négligées ?

Si vous ne souhaitez pas observer des cibles connues, vous avez la possibilité de mesurer 141 étoiles dont les valeurs de minima ne sont pas déterminés avec certitudes. Certaines étoiles sont très brillantes (magnitude à partir de 5). ATTENTION : choisissez ses cibles que si vous avez déjà un peu d'expérience sur le sujet.

Vous pouvez télécharger le fichier Excel à cette adresse :

[http://varsao.com.ar/eclipsing\\_binaries\\_observing\\_plan.htm](http://varsao.com.ar/eclipsing_binaries_observing_plan.htm)

## 3 - Quel matériel choisir ?

Je ne traiterais pas ici des réglages liés à l'utilisation d'un télescope : mise en station, collimation, guidage .. vous devez tout de même les maîtriser afin de réaliser avec succès vos images.

Pour l'acquisition des images, la seule contrainte est d'arriver à faire des mesures avec une précision de l'ordre du centième de magnitude. Seules les techniques d'imagerie numérique permettent d'atteindre cette précision. On pourra donc utiliser un APN ou une caméra CCD. Concernant les optiques utilisées, de nombreuses combinaisons sont possibles. Un simple appareil numérique avec un téléobjectif de 200mm posé sur un trépied et le tout sans suivi sont utilisables. Dans ce cas le temps de pose ne devra pas dépasser 2 secondes avec un réglage à 800 ISO. On pourra également utiliser une caméra CCD de type Audine (ou équivalent) avec un simple objectif de 135mm sur une monture motorisée. On trouvera un article intéressant de Alain Klotz et Jean-François Le Borgne sur l'utilisation de ce type d'installation sur le site suivant :

[www.ast.obsmp.fr/users/leborgne/geos\\_circ/NC1105.pdf](http://www.ast.obsmp.fr/users/leborgne/geos_circ/NC1105.pdf)

Même si cet article traite essentiellement des étoiles variables de type RRLyrae, la méthode décrite indique ce que l'on peut faire avec du matériel peu encombrant et de faible diamètre. Bien entendu toutes sortes d'instruments peuvent être utilisés (des newtons aux Schmidt Cassegrain en passant par les lunettes), mais le champ couvert avec des instruments de plus longue focale sera beaucoup plus petit qu'avec un objectif de 135 à 300mm de focale et les étoiles de comparaison seront quelquefois plus difficile à trouver. L'utilisation d'instruments de plus gros diamètre (comme le T60 du pic du midi que j'utilise une fois par an dans le cadre d'observations en équipe) sera réservée à la mesure d'étoiles faibles.

Si vous utilisez une caméra CCD, voici les paramètres suivant que vous devez contrôler : celle-ci doit être monochrome, thermo-régulée et de préférence Non AntiBlooming.

Certains organismes ou observatoires demandent à ce que les observations soient réalisées avec un filtre soit V(vert), soit R (rouge) de type photométrique. Il existe plusieurs types de filtres sur le marché, vous devez utiliser des filtres photométriques de type JOHNSON-COUSINS.

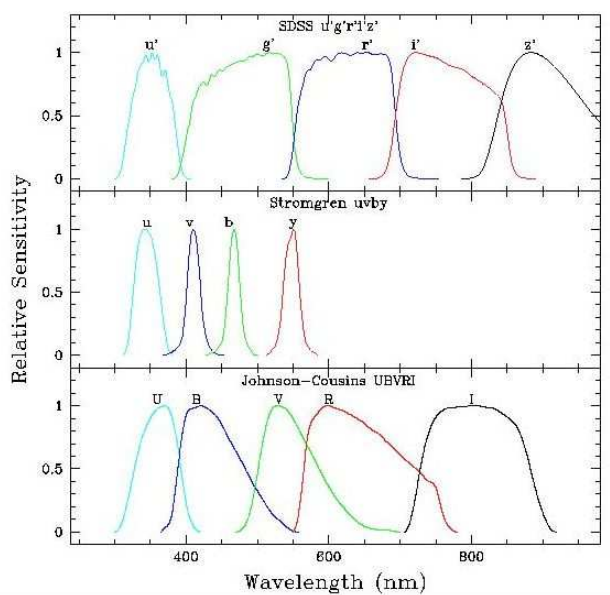


Fig 7 : transmission spectrale de différents filtres

### a) –Exemple : mon matériel et logiciels



Voici l'instrument d'acquisition que j'utilise, il s'agit d'un objectif de 50mm pour la mesure grand champ (ex Epsilon Aurigae) ou un téléobjectif de 135mm utilisé pour avoir un champ de 3 degrés carrés environ. Pour éviter l'entrée de lumières parasites, j'utilise un baffle de 15cm de long.

Les filtres photométriques utilisés sont les suivants : Vert et Rouge, ils sont de type JOHNSON-COUSINS. La caméra CCD est une SBIG ST7 avec une roue à filtre ATIK (capacité de 5 filtres) fonctionnant en USB, le logiciel qui pilote l'ensemble est CCDSOFT. L'acquisition peut se faire en réalisant x images avec le filtre vert et ensuite y images avec le filtre rouge ou alors en alternant le filtre vert et le filtre rouge. Le suivi sur une étoile peut durer toute la nuit si il faut afin d'obtenir le plus de points de mesures concernant l'étoile à étudier.

L'ordinateur est maintenu à l'heure TU par un système construit par mes soins équivalent au Expert Mouse Clock.

Avec ce type d'installation et un temps de pose de 90 secondes par images, la dispersion est de 0.02 en R et 0.01 en V.

## **b) – Mon programme d’observation**

Celui-ci se compose de plusieurs étoiles particulières : je mesure essentiellement des Binaires à Eclipses ainsi que des RR Lyrae et aussi l’étoile Epsilon Aurigae.

En ce qui concerne les Binaires à Eclipses, voici mes principales cibles :

- HD 23642 (collaboration avec David Valls-Gabaud CNRS – Observatoire de Paris)
- OO AQL
- V417 AQL
- XY LEO
- Y LEO
- ...

Les étoiles de type RR Lyrae : celles-ci sont étudiées par le GEOS, dans mon cas je suis l’étoile RRLYR avec le système TOMMIGO

Les données sont transmises à l’AAVSO, à la BAA VSS et Astronomical institute, Academy of Sciences of the Czech Republic, Ondrejov

## **4 - L’acquisition et le dépouillement des images**

### **a) L’acquisition**

Sur le terrain, il faut veiller à ce que les acquisitions fonctionnent correctement, c’est à dire que les étoiles ne soient pas saturées quels que soient les capteurs utilisés. Il faut aussi obtenir un rapport signal sur bruit (SNR) suffisant. Le SNR que vous devez obtenir doit être au moins égal ou supérieur à 50, votre logiciel d’acquisition doit être capable de fournir cette valeur instantanément.

Voici un tableau décrivant l’erreur en magnitude en fonction du SNR obtenue.

SNR	ERR.
200 à	0.005
100 à	0.011
50 à	0.022
25 à	0.043
10 à	0.110
5 à	0.220

Le logiciel que vous utiliserez doit pouvoir gérer la filtration de manière automatique, c’est à dire de faire des poses en V et R en alternance. Si cela n’est pas possible d’origine vous serez obligé de programmer votre propre script afin que cela soit réalisable.

Pour que les mesures soient exploitables, il faut également que votre ordinateur soit réglé de manière précise à l’heure TU. Vous pouvez trouver sur le web plusieurs logiciels qui vous permettront de maintenir à l’heure votre ordinateur si vous possédez une connexion Internet ou par le système Expert Mouse Clock. Dès que tout les réglages et contrôles sont terminés, vous pouvez lancer une « time-serie », c’est à dire l’acquisition d’une série d’images. Je vous conseille de travailler en continu, en effectuant par exemple 300 poses de 30 secondes sans interruption, plutôt que 150 poses de 30 secondes espacées de 30 secondes entre chaque.

Suivant la saison et l’étoile choisie, vous pourrez faire des mesures sur une à trois étoiles par nuit maximum. En effet, il faut avant tout privilégier la qualité à la quantité, le résultat final en dépend. Certains professionnels souhaitent avoir la totalité de la phase plutôt que le minimum, dans ce cas vous n’aurez qu’un seul objectif : une seule étoile durant toute la nuit et les nuits suivantes si besoin.

Bien entendu pour faire des mesures précises, il faut impérativement faire de bonnes images de calibrations (offset, darks et flats). Le prétraitement des images sera fait conformément aux règles de l’art et bien sûr il est totalement proscrit de faire un quelconque traitement « cosmétiques » des images prétraitées. Il ne faut surtout pas utiliser un logiciel de retouche d’image afin de rendre les images plus flatteuses à votre regard, les résultats finaux en seraient faussés.



Les images de calibrations influent sur le résultat final de vos mesures, il est donc indispensable que vous preniez bien soin de leurs réalisations.





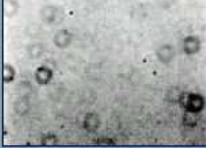

	Frame	Data	RX And value
Bias			10.0 +/- .4 Vmag
Dark			10.2 +/- .1 Vmag
Flat			10.25 +/- .05 Vmag

Fig 8 : influence des images de calibrations sur la mesure obtenue © AAVSO

La carte que vous aurez téléchargée sur le site de l'AAVSO comporte des étoiles de comparaisons, vous les utiliserez pour mesurer votre étoile variable. Pour prendre la bonne valeur de l'étoile de comparaison, utilisez la table photométrique. Vous vous reporterez à la notice de votre logiciel afin d'extraire les données photométriques de vos images.

En voici tout de même le principe général : la méthode utilisée est celle de la photométrie différentielle : le flux de l'étoile à mesurer est comparée à celui d'une étoile de référence.

Voici quelques conseils :

- Utiliser des étoiles de références de magnitude proche et de «couleur» proche
- Choisissez un indice de couleur « B-V » quasi identique ou « V-R » suivant les filtres utilisés
- Attention : vérifier avec une mesure sur une étoile «test» que vos références sont stables dans le temps!

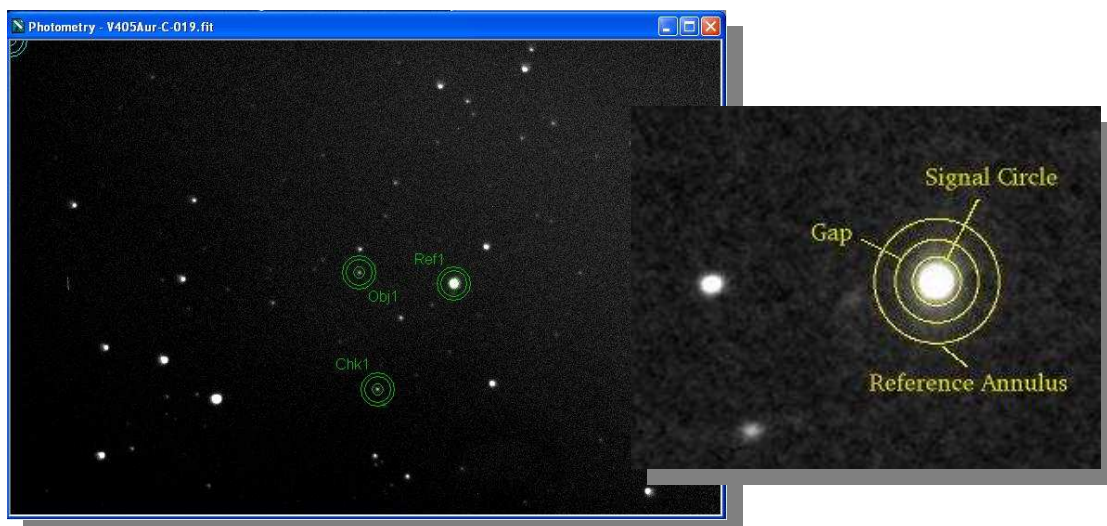
La mesure du flux sur l'image par «comptage» du signal dans une «fenêtre» soit de :

- Forme circulaire
- Forme elliptique

Si votre caméra CCD ne possède pas de pixels carrés, ne « transformer » pas l'image de pixels rectangulaires en pixels carrés.

Par comparaison avec les étoiles voisines comme pour le visuel.

Le choix des diamètres des cercles de mesure est très important.



Vous voyez sur cette image 3 références :

- Obj1 : l'objet à mesurer
- Chk1 : l'étoile de comparaison de même indice de couleur
- Ref1 : l'étoile de référence
- 

Le choix des diamètres des cercles de mesure est très important.

Les cercles se définissent de la manière suivante (FWHM en pixels):

- Premier cercle            2 \* FWHM
- Deuxième cercle        3 \* FWHM
- Dernier cercle           5 \* FWHM

## **b) L'envoi des données**

Le format des données varie suivant l'organisme à qui vous devez l'envoyer, je ne peux que vous conseiller de vous référer au site internet de celui-ci. Votre logiciel doit pouvoir réaliser une importation des données soit au format texte, soit au format d'un des organismes.

Surtout ne garder pas jalousement vos données, il est très important de les diffuser même si les résultats vous semblent erronés

## **c) Détermination du temps du minimum**

Cette phase n'est pas indispensable car, si vous envoyez vos données à un organisme compétent, elles seront analysées un astronome. Il est toutefois toujours intéressant de vérifier les résultats obtenus après avoir passé plusieurs heures à faire des acquisitions. Plusieurs logiciels gratuits ou payants peuvent vous aider à interpréter vos mesures (voir encadré ci-contre). A l'aide de ces différents logiciels, vous pourrez obtenir le temps du minima. Il ne vous restera plus qu'à communiquer la valeur calculée.

Faites-le même si le résultat trouvé vous semble éloigné de la prédiction, car de suite après un autre astronome à l'autre bout de la planète va reprendre des observations sur l'étoile pour confirmer ou infirmer votre observation.

Connaissant l'instant du minimum, le O-C (observé moins calculé) peut être déterminé et ainsi nous pouvons savoir si la période varie dans le temps.

---

# **Logiciels pour l'interprétation des mesures**

**MINIMA 2.5** (gratuit) de Bob Nelson disponible sur <http://members.shaw.ca/bob.nelson/software1.htm> vous permettra de déterminer le minimum en utilisant 6 méthodes.

**TOMCAT** (gratuit) de Bob Nelson disponible sur <http://members.shaw.ca/bob.nelson/software1.htm> permet quand à lui de trouver la période par rapport au minima calculé

**PERIOD SEARCH** (gratuit) de Bob Nelson disponible sur <http://members.shaw.ca/bob.nelson/software1.htm> permet quant à lui de trouver la période par rapport à une portion de courbe de lumière.

**PHOEBE**(PHysics Of Eclipsing BinariEs), gratuit et disponible sur <http://phoebe.fiz.uni-lj.si/?q=node/21> donne une modélisation 3D du système mesuré.

**PERANSO** (payant) de Tonny Vanmunster disponible sur <http://www.peranso.com/>

**BINARY MAKER** (payant) de Contact Software <http://www.binarymaker.com>

---

## 5 – Quelques courbes de lumières

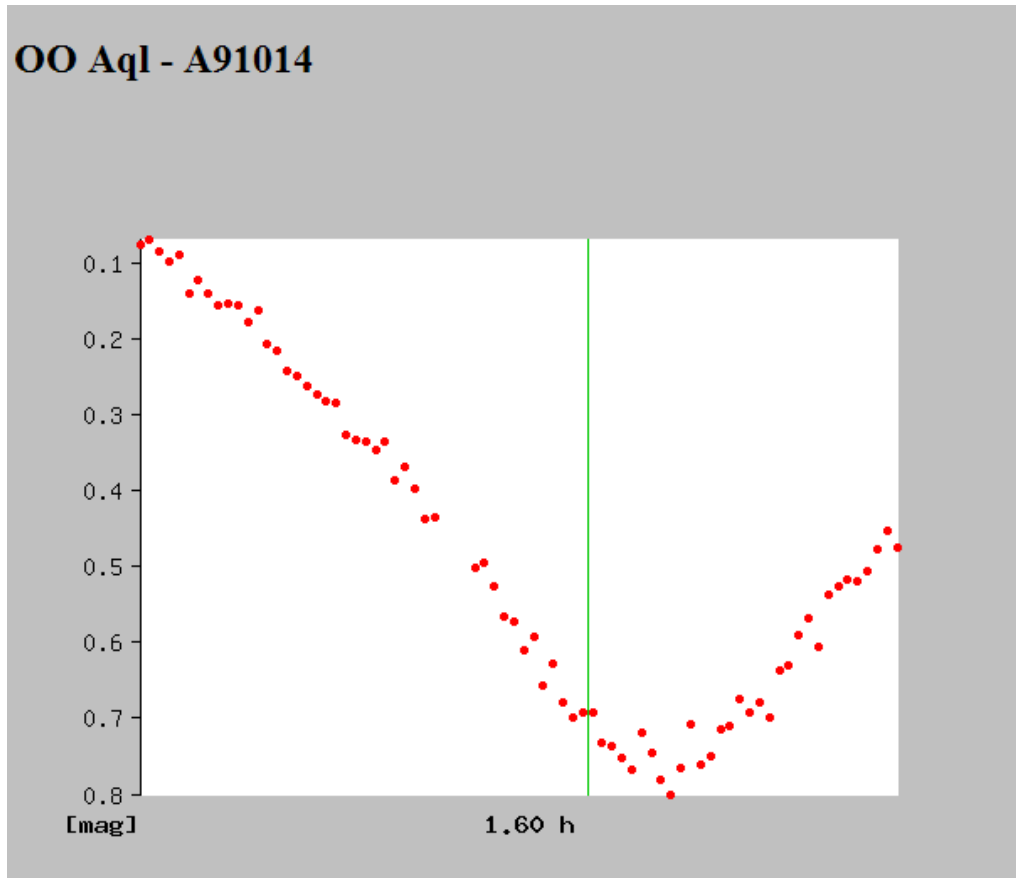
### a) OO Aql

RA: 19h 48m 13.0s

Dec: 9° 18' 30''

JD0: 54335.36020

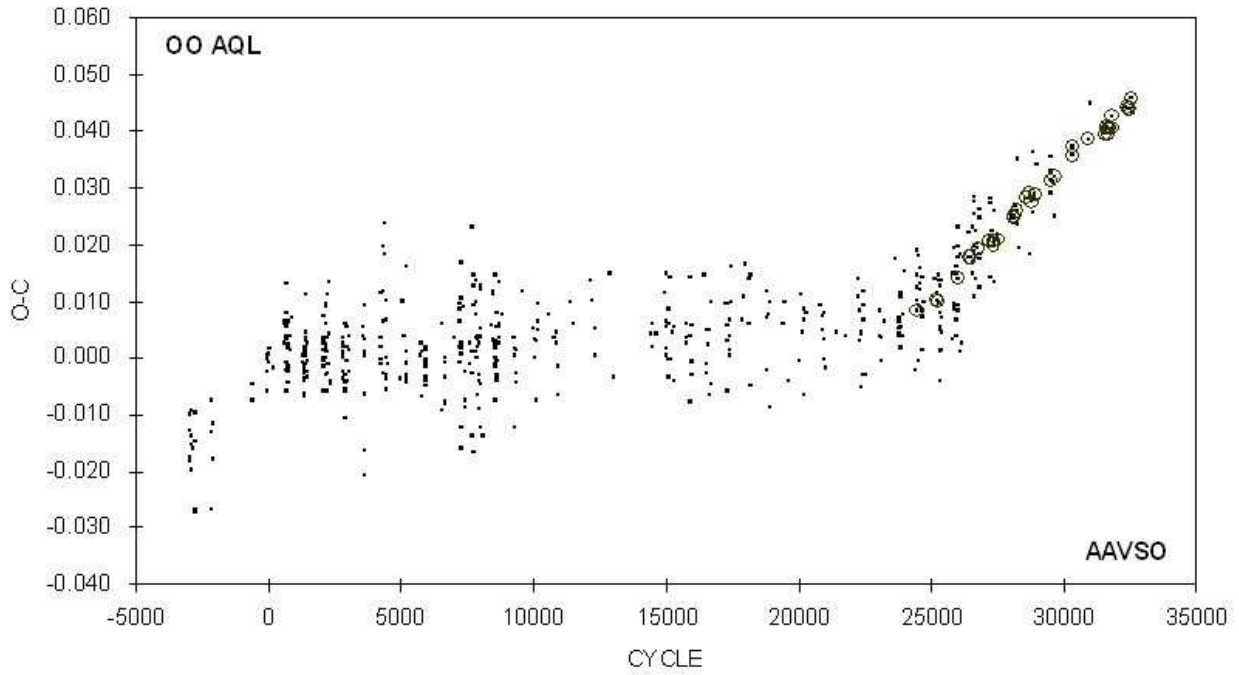
Période: 0.5067885



Minima

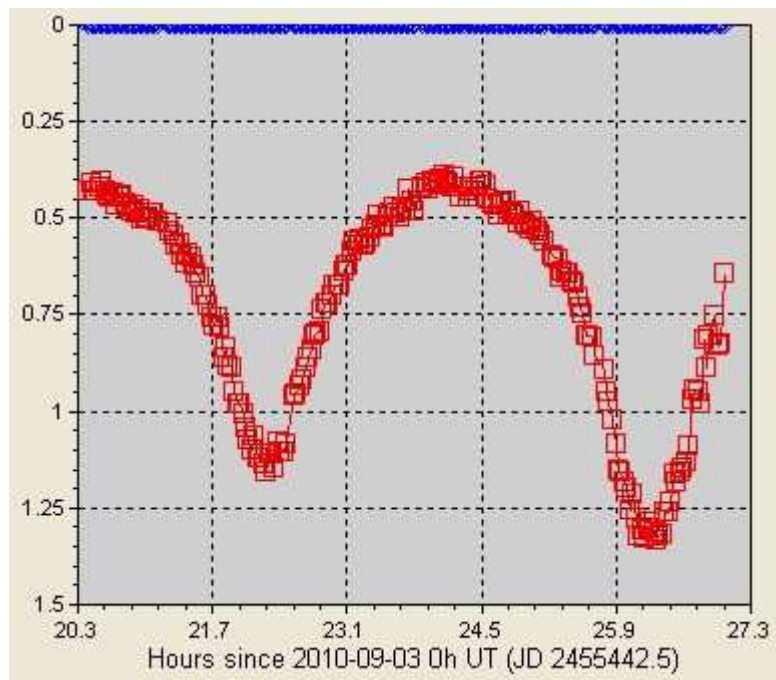
**75 images – 14 octobre 2009 – mise en évidence du décalage entre le minimum prévu et le minima observé (trait vertical vert)**

Diagramme O-C (observé-calculé) de OO AQL, nous voyons très bien l'augmentation de l'« O-C » d'années en années tentant à montrer que le transfert de matière est en train de se modifier entre ses deux étoiles.



**b) AB And**

**RA: 23h 11m 32.1s**  
**Dec: 36° 53' 35''**  
**JD0: 52936.66260**  
**Période : 03318922**

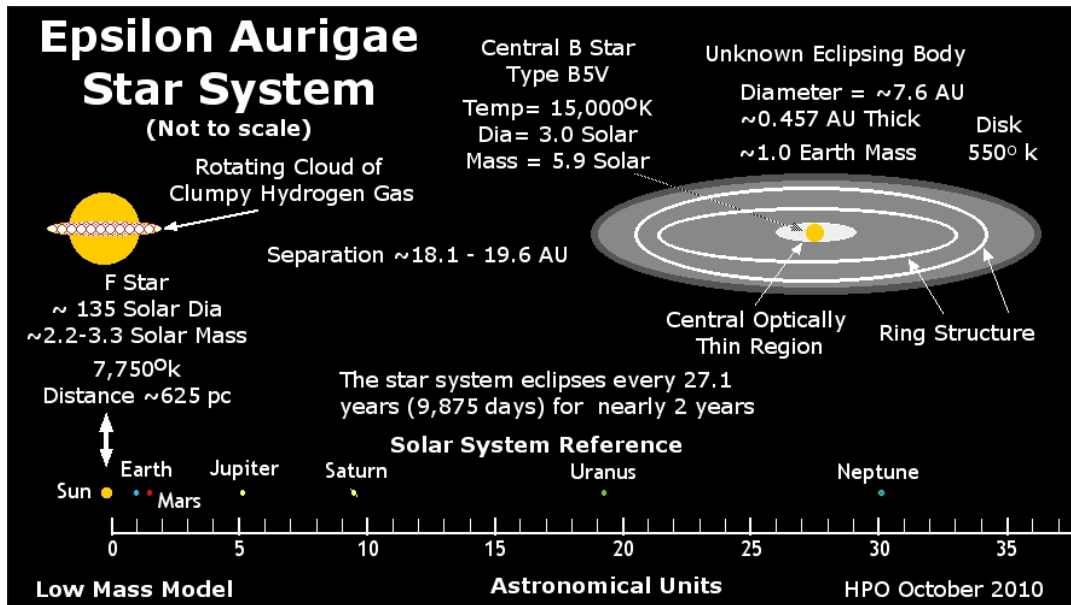


Mise en évidence des deux minima (primaire et secondaire)

## c) Epsilon Aurigae

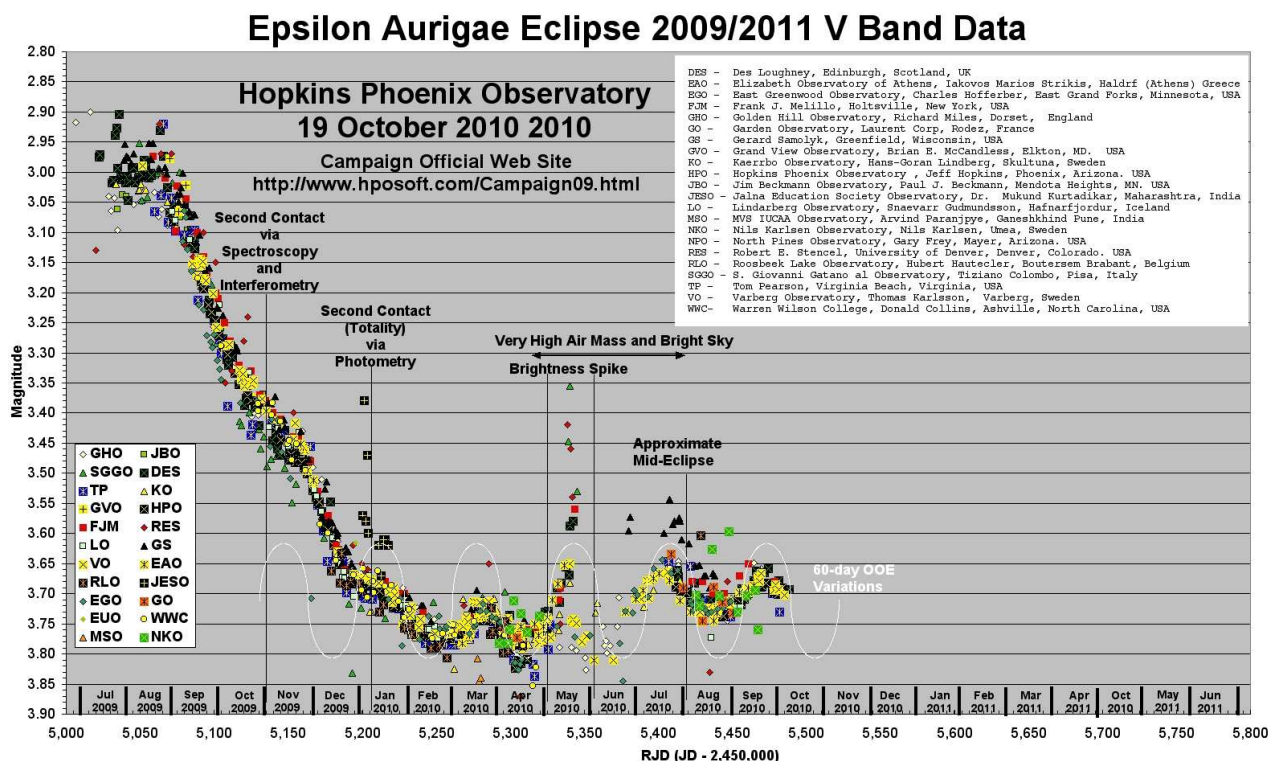
Epsilon Aurigae est une étoile très particulière qui peut être étudiée avec de faibles moyens.

En voici une description schématique :



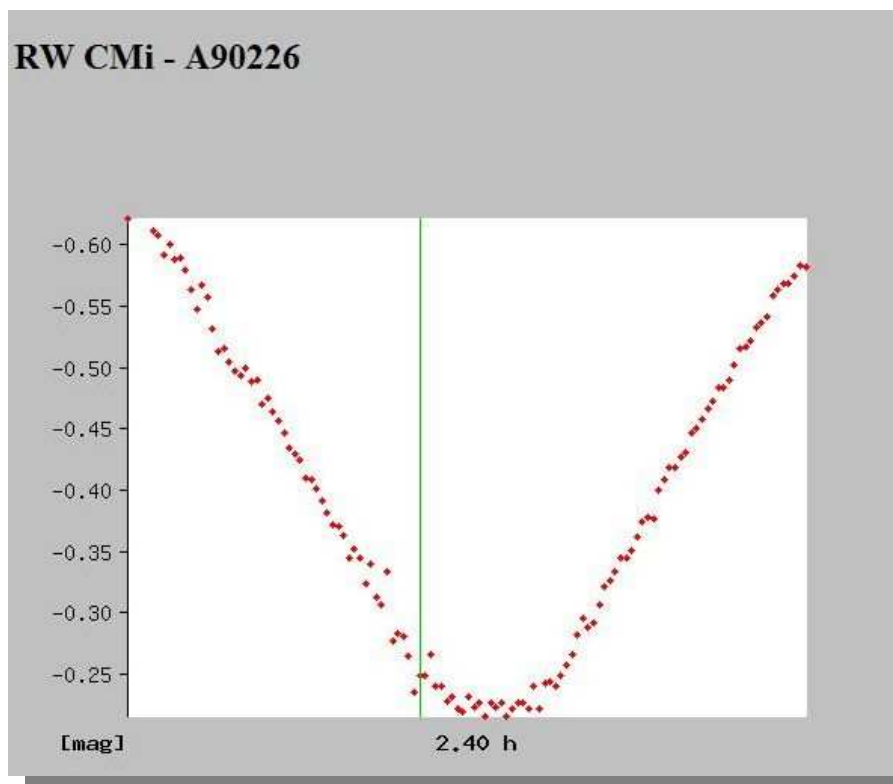
Pour en savoir plus consultez le site <http://www.hposoft.com/Campaign09.html>, celui-ci est maintenu par Jeff Hopkins

Voici la courbe lumière obtenus par des amateurs dans la bande V :



Vous trouverez en utilisant ce lien <http://www.hposoft.com/Plots09/VBand.JPG> la dernière courbe réactualisée, n'hésitez pas à contacter Jeff Hopkins pour participer à la campagne d'observations.

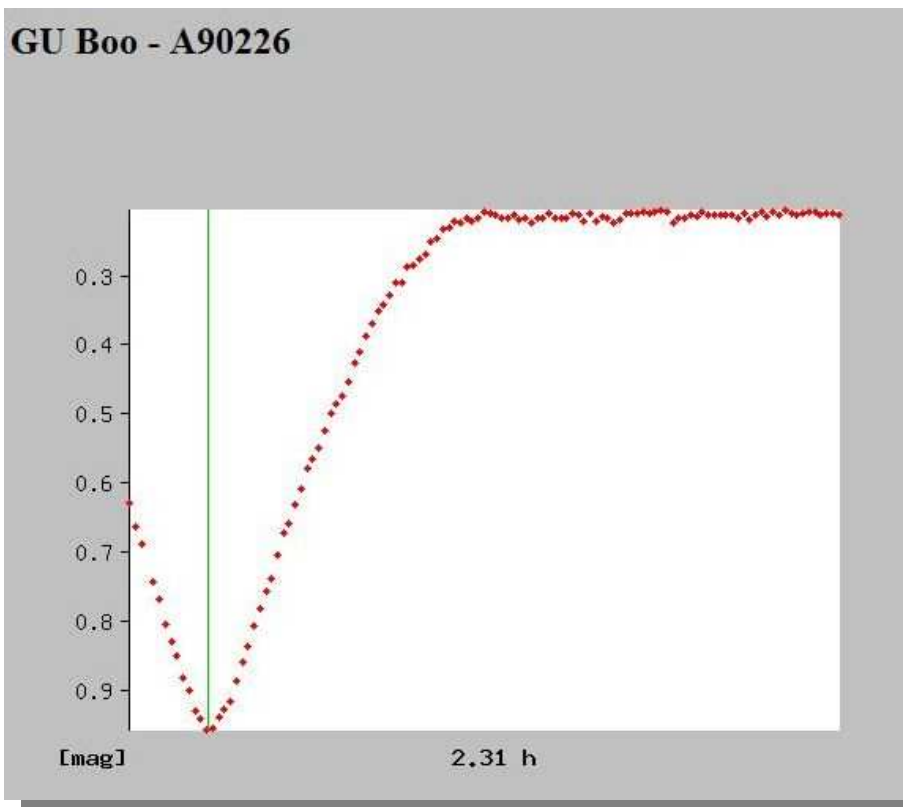
---



**RW CMi**  
**RA: 7h 19m 60.0s Dec: 2° 31' 60''**  
**JD0: 50837.61000 Période : 6.0838200**  
**Commentaires: 13.2-14.0**

Un décalage significatif est visible entre le minimum théorique calculé (ligne verticale verte) et le minimum réel – remarquez aussi que le minimum dure plusieurs minutes.  
Mesures obtenues durant une campagne d'observation en février 2009 au télescope de 60 cm de l'Observatoire du Pic du Midi <http://astrosurf.com/t60>

---



### GU BOO

**RA: 15h 21m 55.0s Dec: 33° 56' 6''**  
**JD0: 52723.98100 Periode : 0.4887300**  
**Comments: 13.7-14.4, M-type 0.6 Ms EB**

Aucun décalage n'est visible par rapport aux prévisions théoriques, remarquez aussi la rapidité du minimum

Mesures obtenues durant une campagne d'observation en février 2009 au télescope de 60 cm de l'Observatoire du Pic du Midi <http://astrosurf.com/t60>

NOM DE L'ETOILE	DATE	NOMBRE D'OBS.	HEURES PREDITES	HEURES MESUREES	ECARTS (minutes)	COMMENTAIRES
RW CMI	26 février	122	<b>22:19</b>	<b>22:33</b>	<b>14</b>	<b>A remesurer</b>
GU BOO	26 février	120	<b>01:32</b>	<b>01:32</b>		

## 6 – Conclusion

Je viens de vous résumer en quelques lignes ce que vous pouvez faire pour aider la communauté astronomique à mieux comprendre ce type d'étoiles.

C'est un domaine passionnant qui demande beaucoup de temps et de mises au points successives afin d'avoir des résultats probants.

Bons courages dans vos observations et bons ciels

## **Références :**

- Expert mouse clock :

<http://www.gude.info/index.php?lng=1&section=products&product=emcusb&PHPSESSID=1301baf6557da4dcf66c2dc8e26d2b95>

-AAVSO American Association of Variable Star Observers

site complet (base de données des « light curves », cartes, conseils, groupes de discussion, etc...).

A mon avis le meilleur site! <http://www.aavso.org>

- CCD Observing Manual

<http://www.aavso.org/ccd-observing-manual>

- Variable Stars South: <http://www.varstars.org/>

Consultez les newsletters de mai, août , novembre 2009, février et mai 2010

- Un guide de la photométrie par W. Romanishin (Oklahoma U.):

<http://observatory.ou.edu/book2513.html>

- Starizona's Guide to CCD Imaging :

<http://starizona.com/acb/ccd/ccd.aspx>

- CCD : Astuces d'observations par Bruce Gary:

<http://reductionism.net/seanic.net/ObservingTips/ObsgTips.html>

- Astronomical institute, Academy of Sciences of the Czech Republic, Ondrejov

<http://nyx.asu.cas.cz/dbvar/descr.phtml>

- Howell, Steve B., 2006, *Handbook of CCD Astronomy, 2nd Edition* (Cambridge: Cambridge U.Press)

- Berry, Richard and Burnell, James, 2005, *The Handbook of Astronomical Image Processing* (Richmond, VA: Willman-Bell)

- Henden, Arne and Kaitchuck, Ronald, 1990, *Astronomical Photometry* (Richmond, VA: Willman-Bell)

- Brian D. Warner *Lightcurve Photometry and Analysis*

Livre bien fait, tout pour savoir acquérir,traiter ses images et les analyser.

- W. Romanishin University of Oklahoma, *An Introduction to Astronomical Photometry Using CCDs*

Livre de 175 pages reprenant un cours universitaire de niveau accessible sans trop de mathématiques, agréable à lire.

<http://observatory.ou.edu/wrccd22oct06.pdf>

- <http://www.astrosurf.com/luxorion/Documents/evolstar-bmauculaire.pdf> en Français – 43 pages tout sur la vie des étoiles

- Nelson, R.H. website: <http://members.shaw.ca/bob.nelson>

- OEJV: <http://var.astro.cz/oejv/>

- SAS : <http://www.socastro.org> - Rapport des conférences à télécharger.

## **Bases de données :**

- ADS: [http://adsabs.harvard.edu/article\\_service.html?nosetcookie=1](http://adsabs.harvard.edu/article_service.html?nosetcookie=1)

- BBSAG: <http://www.astroinfo.org/calsky/Deep-Sky/index.html/8/3>



- BAV: <http://www.bav-astro.de/LkDB/index.php?lang=en>
- CALEB: <http://ebola.eastern.edu/>
- Crakow Atlas of EBs: <http://www.as.ap.krakow.pl/o-c/cont.html>
- EB Minima dB: [http://www.oa.uj.edu.pl/ktt/krttk\\_dn.html](http://www.oa.uj.edu.pl/ktt/krttk_dn.html)
- GCVS: <http://www.sai.msu.su/groups/cluster/gcvs/cgi-bin/search.htm>
- IBVS: <http://www.konkoly.hu/IBVS/issues.html>
- SIMBAD (Harvard): <http://simbad.harvard.edu/simbad/sim-fid>
- SIMBAD (Strasbourg): <http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/sim-fid>