

# L'OBSERVATION DES ÉTOILES DE TYPES BINAIRES À ÉCLIPSES

## ASPECTS THÉORIQUES

### Observation of Eclipsing Binary Stars - Theoretical Aspects

**Laurent Corp**

AAVSO – GEOS – Commission Etoiles Doubles SAF  
astro.laucorp@orange.fr



#### Résumé

*Cet article a pour but de décrire ce que sont les binaires à éclipses ainsi que leurs différents types. Celles-ci sont observables par les amateurs et font parties d'un suivi sur le long terme. Ces observations peuvent s'inscrire dans des programmes de collaboration entre professionnels et amateurs.*

**Keywords : photometry, binaries: eclipsing**

#### Abstract

*This article aims to describe the different types of eclipsing binary stars which are observable by amateurs and are part of a long-term monitoring, These observations can be part of collaborative programs between professionals and amateurs.*



#### 1 Introduction

Dans cet article sont présentés la nature et les différents types d'étoiles de types binaires où les astronomes amateurs peuvent être utiles en réalisant des observations,

Cette première partie va traiter des étoiles de type « binaires à éclipse », la deuxième partie qui paraîtra en 2021 traitera des moyens à mettre en œuvre afin de les observer.

#### 2 Etoiles variables et étoiles doubles

Les étoiles que nous allons suivre sont classées comme étoiles variables tout en étant doubles. Nous les retrouvons essentiellement dans le catalogue GCVS (Général Catalog of Variables Stars). Actuellement il existe plus de deux millions d'étoiles référencées dans la base VSX de l'AAVSO qui comprend tous les types de variables connus. A contrario, les binaires à éclipses ne figurent pas dans le WDS (Washington Double Stars), ce dernier étant utilisé pour les étoiles doubles visuelles et spectroscopiques.

Pour les étudier nous devons réaliser des courbes de lumière (qui représentent les variations de leur luminosité dans le temps,

ces variations justifiant leur appartenance à la grande famille des étoiles variables).

C'est ce que nous verrons en pratique lors de la deuxième partie de cet article..

La réalisation de spectres constitue un second axe d'étude pour ce type d'étoile double.

Pour simplifier les étoiles variables sont classées en deux catégories : les intrinsèques et les extrinsèques.

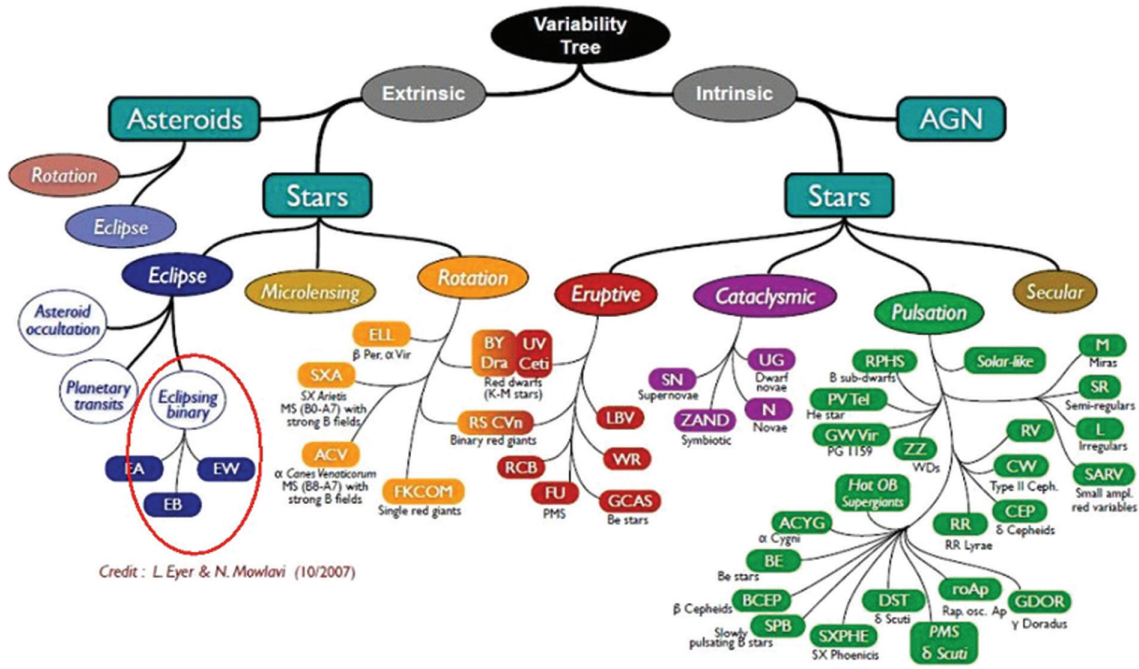
Les intrinsèques sont des étoiles subissant des variations propres tels que des pulsations, des éruptions récurrentes ou cataclysmiques.

Les extrinsèques sont des étoiles qui vont varier à cause du passage d'un objet (étoiles, planètes ou astéroïdes) devant la ligne de visée.

Les binaires à éclipses sont des variables extrinsèques et sont plus particulièrement classées dans la catégorie "Eclipse" comme les Exoplanètes ou les occultations des étoiles par les astéroïdes.

La figure 1 décrit les différents types d'étoiles variables. Les binaires à éclipses sont repérées par un cercle rouge.

# Variable Stars

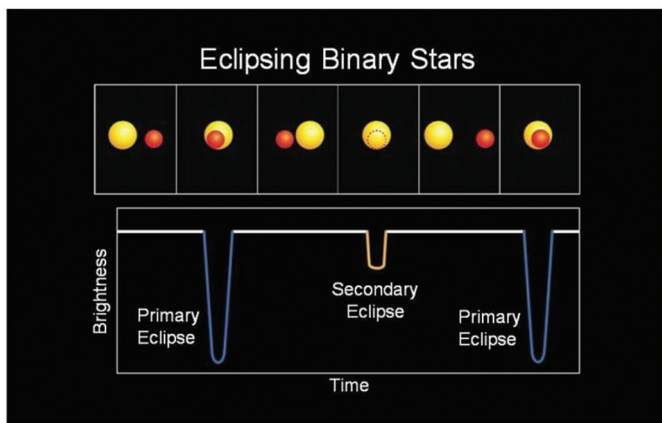


Credit : L.Eyer & N.Mowlavi (10/2007)

Fig 1 Les différents types d'étoiles variables

### 3 Les binaires à éclipses :

Une étoile binaire à éclipses est une étoile binaire dans laquelle le plan de révolution des deux astres se trouve sensiblement dans la ligne de vision de l'observateur, ceux-ci s'éclipsent ainsi mutuellement de façon périodique (fig.2).



<http://kepler.nasa.gov/>

Fig 2 Exemple d'une courbe de lumière d'une binaire à éclipses

### 3.1 Pourquoi observer les binaires à éclipses ?

À partir de l'obtention des courbes de lumière (photométrie) et des vitesses radiales (spectroscopie) nous pouvons déterminer les masses, les rayons, les températures des étoiles, l'inclinaison et l'excentricité du système, ce qui permet de définir la loi Masse-Luminosité, d'établir une modélisation 3D et de connaître la distance séparant les astres.

En utilisant la photométrie et les courbes de lumières résultantes, on peut en déduire les paramètres orbitaux comme la période, l'inclinaison, l'excentricité,... ainsi que les rayons des étoiles, températures et luminosité.

En utilisant la spectroscopie et en obtenant les vitesses radiales (rapprochement-éloignement des deux étoiles suivant la ligne

de visée) on peut en déduire des données complémentaires et indispensables tels que les masses des étoiles et confirmer les paramètres orbitaux.

Après une synthèse complète de tous les éléments la distance peut être obtenue et cela reste un point fondamental en Astrophysique et en particulier dans le domaine de la cosmologie.

### 3.2 Les différents types

Par simplification juste trois morphologies principales de courbes sont présentées ici:

EA ou détachés : L'étoile prototype est Algol (bêta Persei), le minimum principal est bien marqué, le minimum secondaire est suivant le cas important ou presque indécélable (fig.3 et 4).

La période orbitale peut varier de 0,2 jours à plusieurs années, la chute en magnitude est bien marquée et importante pour le minimum principal

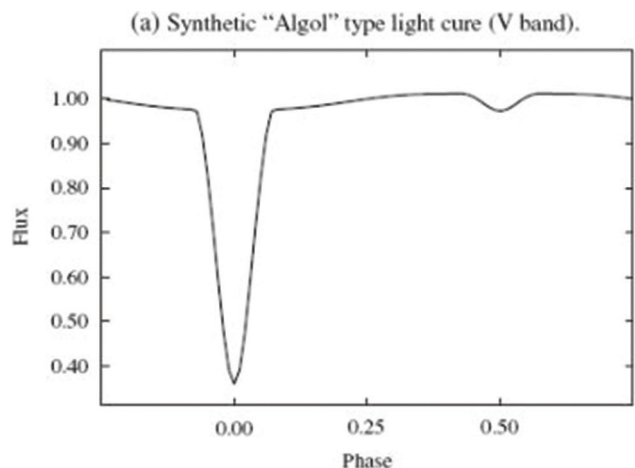


Fig 3 Courbe de lumière d'une binaire à éclipses de type EA

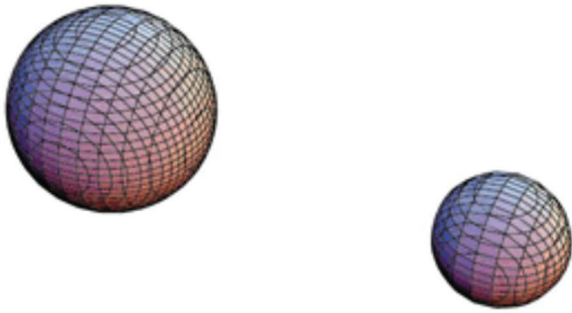


Fig 4 Modélisation d'une binaire à éclipse de type EA, les composantes sont complètement détachées

EB = bêta Lyrae ou Semi-détaché (SD) : minimum principal bien marqué, minimum secondaire aussi important que le primaire, courbe arrondie due à l'intense attraction gravitationnelle des étoiles (fig.5 et 6). L'amplitude de la magnitude est environ de 2 en V, le type spectral des étoiles sont A et B.

Il est très important de suivre ce type d'étoiles car les périodes changent, elles diminuent ou augmentent au cours d'une année.

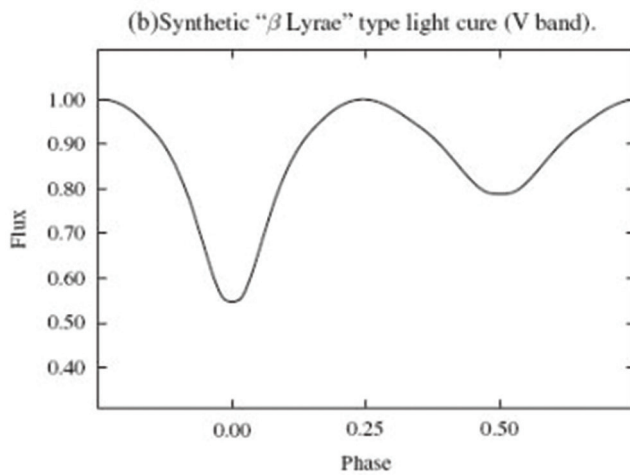


Fig 5 Courbe de lumière d'une binaire à éclipses de type EB

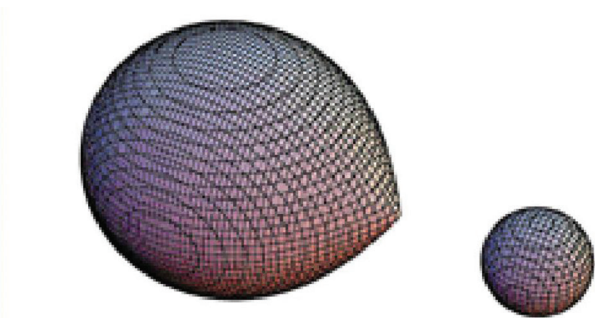


Fig 6 Morphologie d'une binaire à éclipses de type EB, on note la déformation d'une des deux composantes

EW = W Ursae Majoris ou Overcontact (C) : minimum principal quasiment identique au minimum secondaire, courbe arrondie due à l'intense attraction gravitationnelle des étoiles (fig. 7 et 8).

Ce sont souvent des étoiles naines âgées, en contact, dont la période est inférieure à la journée. L'amplitude de la magnitude est environ de 0,8 en V, les types spectraux de ces étoiles sont F et G.

Il est fréquemment mis en évidence des points chauds sur l'un des deux composantes ou les deux simultanément. Ceci peut être réalisé par les amateurs.

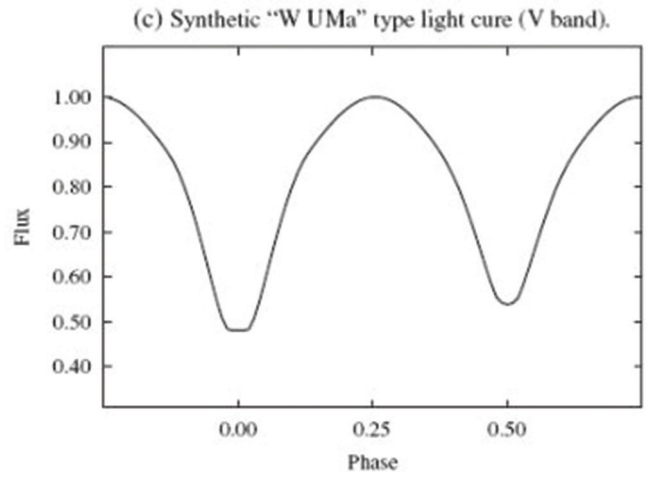


Fig 7 Courbe de lumière d'une binaire à éclipses de type EW

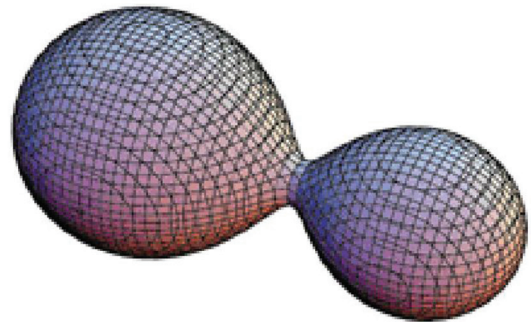


Fig 8 Modélisation d'une binaire à éclipses de type EW, on note le contact des surfaces stellaires

#### 4 - Lobe de Roche

Les lobes de Roche sont en fait le volume maximal que chaque étoile du couple peut atteindre avant que ne commence un transfert de masse de l'étoile principale vers son compagnon (fig.9 et 10).

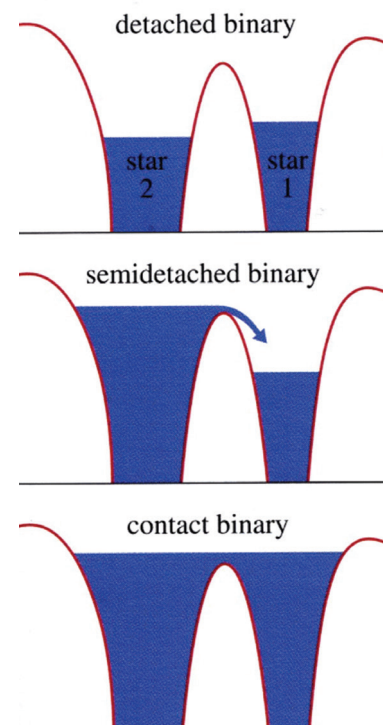
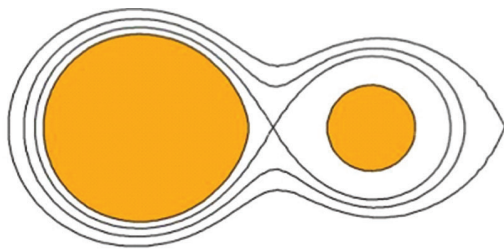
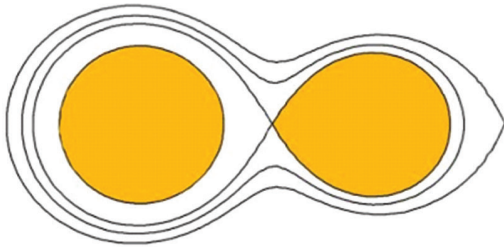


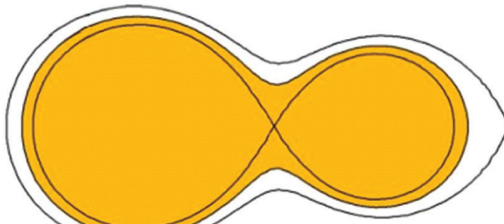
Fig 9 Les trois types d'étoiles doubles serrées. De haut en bas : système détaché, système semi-détaché avec transfert de masse et système en contact (les deux étoiles ont une enveloppe commune)



A detached system has both stars smaller than their Roche lobes.



In a semidetached system, one star fills its Roche lobe while the other is smaller than the Roche lobe.



In overcontact systems both stars are contained within a common envelope of material.

EA : Les binaires détachées sont des systèmes où les deux composantes sont bien dans leurs lobes de Roche.

Les étoiles restent presque sphériques et la distorsion des marées est minimale.

EB : Les binaires semi-détachées sont des systèmes où une étoile remplit son lobe de Roche et est déformée. Elle est probablement en train de perdre de la masse par accrétion au point Lagrangien interne sur son étoile compagnon.

EW : Les binaires de contact se produisent lorsque les deux étoiles remplissent leur lobe de Roche et sont en contact. Dans certains cas, une enveloppe commune entre les étoiles individuelles peut également entourer le couple d'étoiles.

## 5 Logiciel

Après avoir lu les paragraphes précédents vous pouvez télécharger à cette adresse <http://www.midnightkite.com/binstar/StarLightPro.exe> le logiciel gratuit Stralightpro (fig.11). Celui-ci a été écrit par Dan BRUTON et fonctionne sous l'environnement Windows.

Il vous permettra de mieux appréhender les phénomènes physiques des binaires à éclipses

Vous pourrez afficher en 3D les étoiles et modifier les paramètres tels que les masses, températures, inclinaison, etc... et voir ainsi les courbes de lumières résultantes et la modélisation 3D qui en résulte.

Par contre, vous ne pourrez pas réaliser des modélisations à partir de vos propres courbes de lumières.

Fig 10 Une autre perspective d'étoiles doubles serrées. De haut en bas : système détaché, système semi-détaché avec transfert de masse et système en contact (les deux étoiles ont une enveloppe commune)

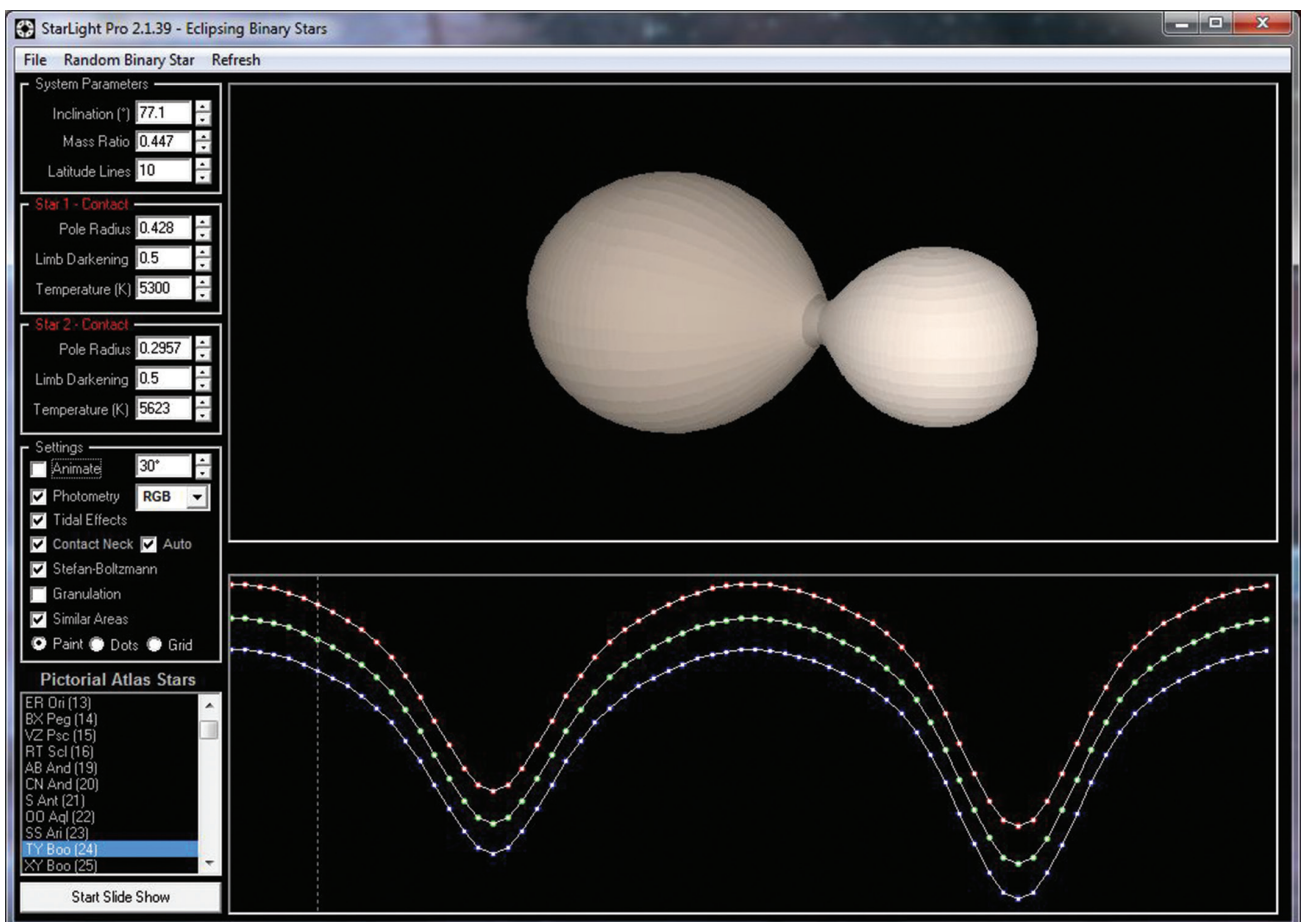


Fig 11 Modélisation 3D et courbes de lumières de l'étoile TY Boo par le logiciel Stralightpro

## 6 Conclusion

L'étude des binaires à éclipses permet de nous donner des informations indispensables dans différents domaines de l'Astronomie et de l'Astrophysique. Il est très important de les suivre sur le long terme. La participation des amateurs peut y contribuer.

Le prochain article traitera de la méthode afin d'obtenir une courbe de lumière avec entre autres le choix du matériel, le choix des cibles et les logiciels à utiliser.

## 7 Ressources

L'association étatsunienne des observateurs d'étoiles variables (AAVSO), section des binaires à éclipses  
<https://www.aavso.org/aavso-eclipsing-binary-section>

Commission des Etoiles Doubles - SAF  
<http://saf.etoiledoubles.free.fr/>

GEOS – Groupement Européen d'Observations Stellaires  
<http://rr-lyr.irap.omp.eu/>

Livres : voici quelques titres qui ne traitent que de façon partielle des binaires à éclipses mais qui vous seront d'une aide précieuse :

- Astronomie et Astrophysique (5ème édition)– Agnès ACKER – Ed Dunod (2019)

- Etoiles et matières interstellaires -Collectif James LEQUEUX – Ed Ellipses (2008)

- Ce que disent les étoiles – Danielle BRIOT et Noël ROBICHON – Ed Belin (2013)

Mes publications (extrait) :

Double Star Astrometry – How to measure the minima of Eclipsing Binaries – some tips in Collectif WEISE GENET WALLEN – Ed Collins Foundation Press (2015)

How to measure the minima of Eclipsing Binaries – an amateurs's experiences in Observing and measuring visual double stars– Collectif R.W. ARGYLE Ed Springer (2012)



### Laurent Corp

*J'habite à Rodez et je pratique l'astronomie depuis l'âge de 13 ans. Voir les sondes Viking se posant sur la planète Mars fut une "révélation". Je pratique l'observation des étoiles variables depuis de nombreuses années et suis membre de l'AAVSO (commission "Binaires à Eclipses") ainsi que d'autres groupes tel que le GEOS ou la commission des étoiles doubles de la SAF. J'envoie mes mesures à diverses associations, instituts ou professionnels avec qui je collabore et j'ai écrit quelques chapitres dans des livres ou revues spécialisés.*