Zeitschrift: Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft
Herausgeber: Schweizerische Astronomische Gesellschaft
Band: 57 (1999)
Heft: 293

Artikel: Étude photométrique des étoiles binaires à éclipses : un cas parmi d'autres TZ Eridani
Autor: Barblan, Fabio
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-898262

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 14.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Etude photométrique des étoiles binaires à éclipses: un cas parmi d'autres TZ Eridani[1]

FABIO BARBLAN

Ce texte a pour but de décrire, en se basant sur le cas de l'étoile TZ Eri[2], la démarche utilisée pour l'étude des systèmes binaires à éclipses à partir de données photométriques, et de montrer les résultats que l'on peut obtenir dans ce type de recherche.

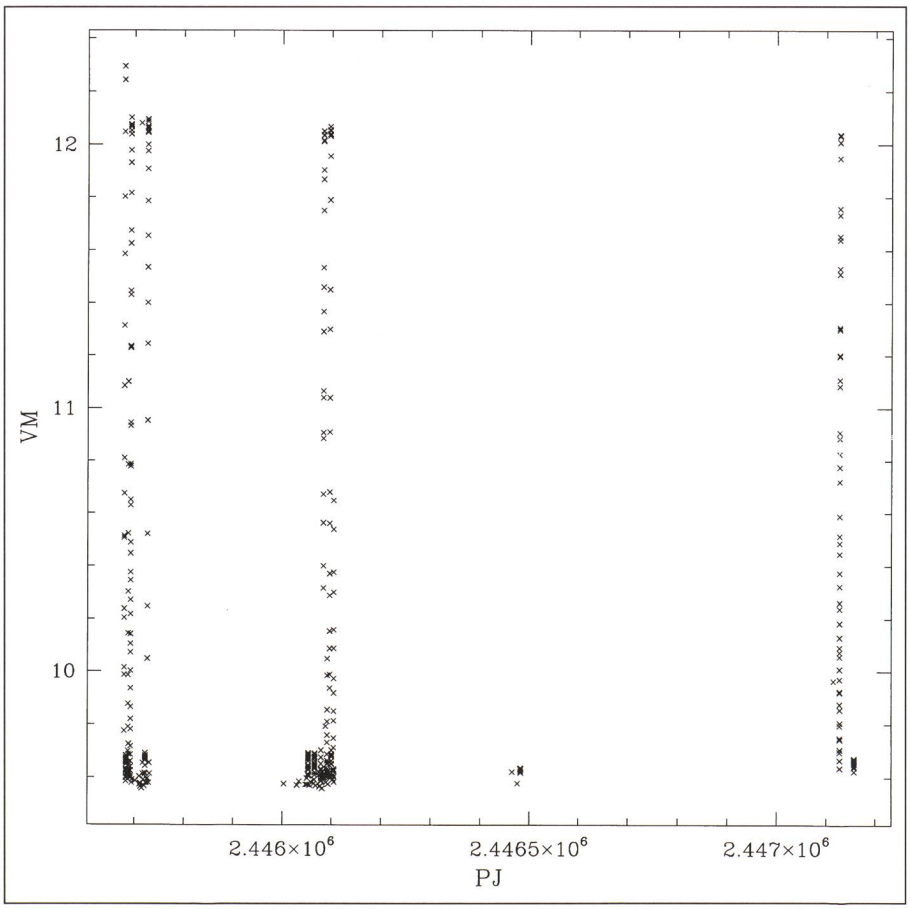
Introduction

Une étoile binaire à éclipses est un système de deux étoiles liées gravitationnellement et tournant l'une autour de l'autre par rapport à leur centre de gravité commun. Selon l'orientation du plan orbital des deux étoiles par rapport à la ligne de visée Terre-étoile[3], le mouvement réciproque des deux composantes donne lieu à une occultation mutuelle, donc à des éclipses, qui peuvent être partielles ou totales. La luminosité totale du système change donc en fonction du temps et selon le passage d'une des étoiles devant l'autre. La photométrie est une technique idéale pour suivre ces changements de luminosité et enregistrer la courbe de lumière. La forme d'une courbe de lumière (voir ORION 285, L'Univers, épisode 14, pages 9 à 12) dépend des grandeurs et luminosités respectives des deux étoiles, de la distance entre les deux composantes, de l'existence de spots lumineux sur l'une ou les deux étoiles, de l'excentricité de l'orbite, de l'assombrissement du disque stellaire entre le centre et le bord, de la température effective des deux étoiles, d'une rotation synchrone ou non et d'autres paramètres encore. Sont donc inscrits, implicitement dans une courbe de lumière, les renseignements sur un certain nombre de paramètres orbitaux et physiques du système. Le traitement des données photométriques consiste à en extraire des informations sur un maximum de ces paramètres.

La courbe de lumière observée de TZ Eri

On donne à l'intervalle de temps qui sépare deux passages successifs d'une même composante devant l'autre le nom de période. Les périodes des systèmes binaires à éclipses peuvent s'étaler entre un jour et quelques années. Pour obtenir une bonne courbe de lumière, les mesures doivent être effectuées de façon à obtenir une couverture régulière la plus dense possible sur un intervalle de temps correspondant à une période. Même pour un système ayant une période courte (quelques jours), pour des raisons que l'on peut facilement imaginer (conditions météorologiques, visibilité de l'étoile, etc. ...), les mesures s'étalent souvent sur une période de temps de quelques mois, voire de quelques années. Ainsi pour TZ Eri, l'ensemble des mesures faites à La Silla (ESO, Chili) avec le télescope suisse, dans le système photométrique de Genève en sept couleurs, couvrent la période allant du 10 décembre 1983 au 10 décembre 1996. Pour l'étude, n'ont été retenues

Fig. 1: L'étalement des périodes d'observation du système binaire TZ Eridani. L'axe horizontal est gradué en date julienne PJ, l'axe vertical indique la magnitude par rapport au filtre V.



[1] Ce système binaire est situé dans la constellation de L'Eridan située dans le ciel austral. C'est la «TZ» ème étoile variable de cette constellation. La numérotation des étoiles variables suit la règle suivante introduite par Argelander en 1850: les étoiles variables d'une constellation sont désignées par les dernières lettres de l'alphabet à partir de R jusqu'à Z. Argelander pensait que le phénomène «étoiles variables» était exceptionnel et qu'il n'y aurait jamais plus de neuf étoiles variables par constellation. L'expérience a évidemment montré juste le contraire. Ainsi la notation a été amplifiée une première fois en introduisant les nom de type RR, RS, RT jusqu'à ZZ. Mais même cela ne s'est pas avéré suffisant. Actuellement on dispose aussi des noms du type AA, AB,.....AZ, BA, BB, ...BZ et ainsi de suite. Cela donne la possibilité de nommer 334 étoiles variables par constellation.

[2] TZ Eridani a fait l'objet d'un article paru dans la revue Astronomy and Astrophysics Supplement 132, pp 367-397, 1998.

[3] Lorsque la ligne de visée est perpendiculaire au plan orbital (inclinaison nulle) le système est vu exactement de face (on voit en permanence les deux étoiles). Lorsque le plan orbital contient la ligne de visée (inclinaison de 90°) alors le système est vue par la tranche.

[4] Dans la photométrie de Genève, on attribue à chaque mesure un poids de 0 à 4 selon la qualité de la mesure. Le poids 4 correspond à une mesure de qualité «excellente».

que les 429 mesures de poids égal ou supérieur à 1[4]. La fig. 1 donne la distribution de ces mesures sur l'intervalle de temps cité.

La première étape consiste à concentrer l'ensemble des mesures sur une période T, généralement exprimée en phases[5], avec pour principal problème le fait que la période est une grandeur inconnue. On utilise pour cela des logiciels capables d'effectuer ce que l'on appelle un «repliement de phase», c'est-à-dire de ramener l'ensemble des points, quel que soit leur étalement, sur l'intervalle d'une période. Cela se fait par des itérations successives qui permettent de définir avec une grande fiabilité la période du système. Pour TZ Eri, le repliement de phase nous donne une période de 2,6061082 jours, c'est donc le temps qui sépare deux configurations successives identiques du système binaire. La fig. 2 montre la courbe de lumière constituée de l'ensemble des 429 points de mesure ramenés à l'intérieur de l'intervalle correspondant à une phase. La forme de cette courbe indique que TZ Eri est un système de type Algol.

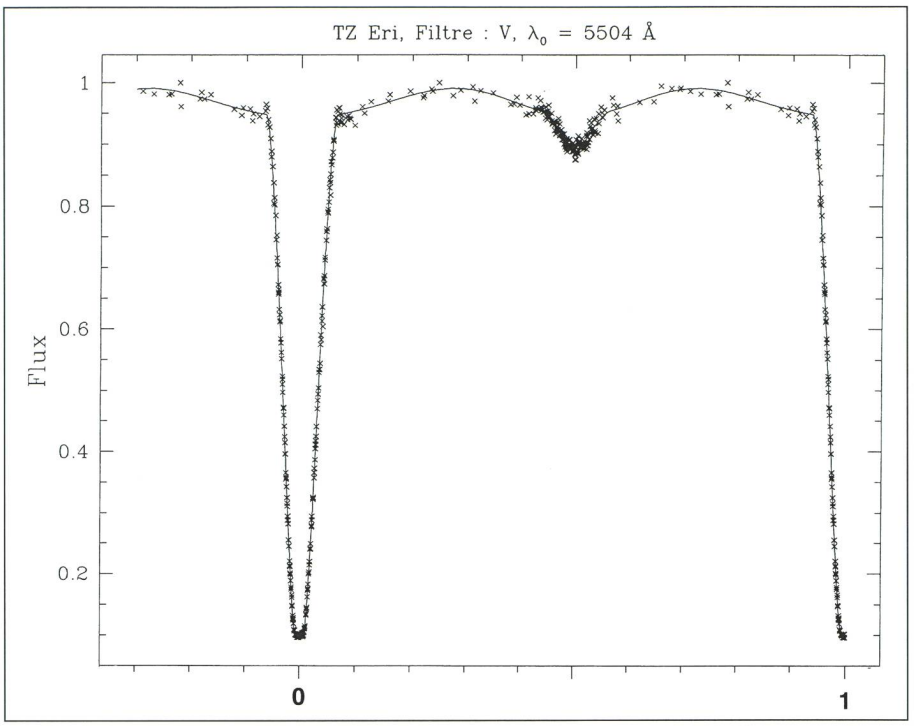


Fig. 2: La courbe de lumière de TZ Eri. Horizontalement est indiquée la phase et verticalement le flux lumineux à travers le filtre V. On remarque un minimum principal bien marqué. La grande différence entre la profondeur du minimum principal et secondaire indique une différence de luminosité appréciable entre la composante primaire et la composante secondaire.

Variation de la période

Il est clair que la procédure précédente n'aboutit à un résultat satisfaisant que si la période du système binaire reste la même sur toute la période d'observation. Différents mécanismes peuvent intervenir pour produire un changement de la période comme par exemple un transfert de masse d'une composante à l'autre. Il faut donc s'assurer, si on dispose des moyens nécessaires, que le système possède une période stable. Un des moyens est de pouvoir accéder au plus grand nombre possible, sur le plus grand intervalle de temps possible, par exemple, de la date exacte de l'éclipse primaire (celle où l'étoile la moins brillante des deux passe devant l'étoile la plus brillante). Ce sont généralement les astronomes amateurs, avec leurs réseaux de surveillance en continu des étoiles variables, qui disposent de ce type de données. TZ Eri est une des étoiles variables inscrites au programme de surveillance du réseau de la BBSAG[6]. Nous avons donc pu disposer d'environ 500 observations étalées sur une période de 24 années. Elles ont permis de mettre en évidence une variation de la période de TZ Eri dont il a fallu tenir compte.

Ce que nous apprend la photométrie

A ce stade de l'étude, il faut commencer à assembler un maximum d'informations qui seront indispensables au travail ultérieur comme nous allons le voir. L'analyse du minimum principal relève un fond plat (fig. 4) ce qui indique l'existence d'une éclipse totale[7]. On peut donc attribuer la luminosité observée au fond du minimum principal essentiellement à la composante secondaire (composante B) . En dehors des éclipses, la luminosité correspond à la somme des luminosités des deux composantes. A partir de ces deux informations, un calcul simple nous donne la luminosité de l'étoile primaire (composante A). L'application, aux composantes A et B, de la technique des boîtes photométriques permet d'extraire de la base de données photométriques de Genève des étoiles «jumelles», des composantes A et B. Ce sont des étoiles qui ont les «mêmes couleurs»[8] que celles de TZ Eri. Exprimés en d'autres termes, ce sont des étoiles qui sont la copie confor-

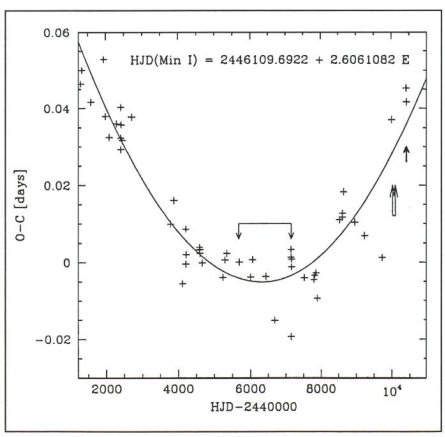


Fig. 3. Ce diagramme indique la variabilité de la période du système binaire. Horizontalement est portée la date julienne et verticalement la différence entre l'éphéméride (date du minimum principal) réellement observée et celle calculée (en utilisant une information antérieure). Le fait que les points se distribuent d'une façon parabolique indique une période régulièrement croissante. Les deux flèches délimitent la période d'observation de TZ Eri par l'observatoire de Genève.

[5] La phase correspond au fait que l'on ramène l'ensemble des valeurs correspondantes à une période sur un intervale de longueur unité. Si T est la période alors, à tout temps t compris entre 0 et T, on associe une phase p= t/T.

[6] BBSAG = (en français) Association des observateurs de binaires à éclipses de la société astronomique suisse.

[7] L'étoile secondaire masque totalement l'étoile primaire (la plus brillante des deux).

[8] La photométrie de Genève est une photométrie en sept couleurs. La lumière de l'étoile est reçue à travers sept filtres différents (U, B, V, B_1, B_2, V_1 et G) qui couvrent différents domaines de longueur d'onde. La différence entre deux magnitudes correspondant à deux filtres différents donne un indice de couleur.

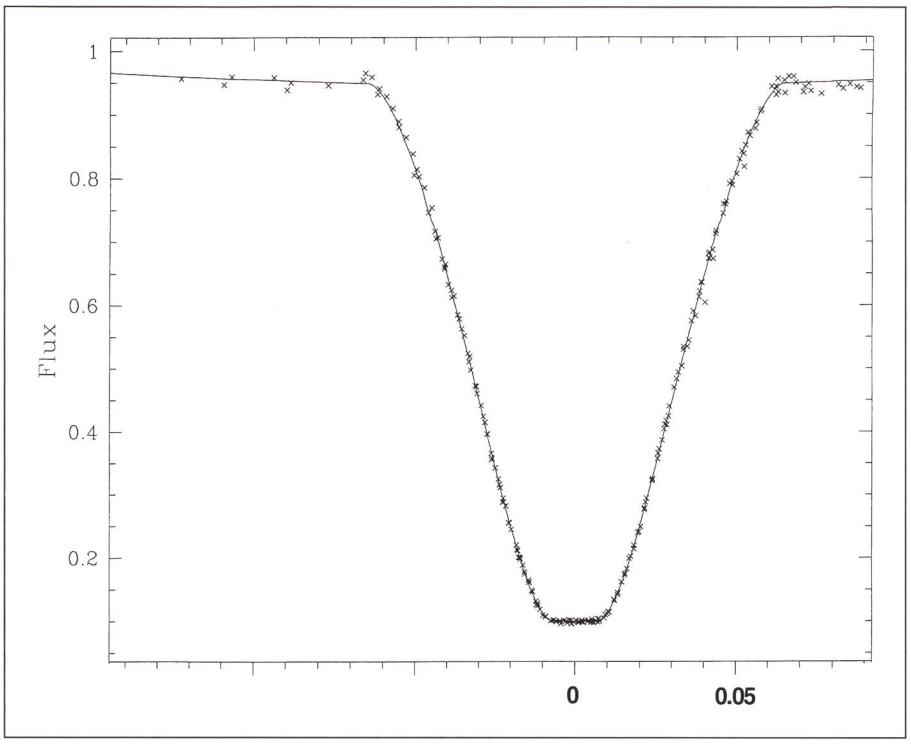


Fig. 4: Agrandissement du minimum principal met en évidence le fond plat de la courbe indiquant qu'il s'agit d'une éclipse totale: l'étoile secondaire masque entièrement l'étoile primaire.

me l'une de l'autre, donc ayant dans certaines limites, les mêmes propriétés physiques. Si la chance nous sourit, on peut trouver parmi toutes ces étoiles «jumelles», des étoiles qui appartiennent à des amas. Ce fait est important parce que on connaît en principe le rougissement[9] correspondant à un amas. On peut donc dérougir les étoiles «jumelles» et en déterminer les couleurs intrinsèques qui seront considérées aussi comme les couleurs intrinsèques de l'étoile étudiée. Et ainsi remonter au rougissement du système binaire. Cette opération, appliquée aux composantes A et B de TZ Eri, a permis de trouver six étoiles «jumelles» dans cinq amas différents et ainsi de remonter à la valeur du rougissement du système dans la couleur $B_2 - V_1$. Cela permet, en utilisant les calibrations établies par les chercheurs de l'Observatoire de Genève, de déduire, pour les deux composantes, les températures effectives T_A= 7770° K et T_B = 4520° K et les types spectraux respectifs de A5/6 V et K0/1 III. Donc l'étoile primaire est une étoile de la séquence principale et la secondaire une géante.

Les courbes de vitesse radiale, une information indispensable

La vitesse radiale est la vitesse avec laquelle l'étoile se déplace le long de la ligne de visée. La variation de la vitesse radiale décrit donc une courbe sinusoïdale, courbe obtenue par spectroscopie. La connaissance des deux courbes (une pour chaque composante) permet d'avoir une information sur le rapport de masse des deux étoiles et sur le demi grand-axe de leur orbite réciproque. Pour TZ Eri, on dispose d'une courbe complète pour l'étoile primaire et d'un seul point pour l'étoile secondaire. Cela amène à fixer le rapport des masses à q = 0.19316 et le demi grand-axe relatif A à environ 10.5 rayons solaires.

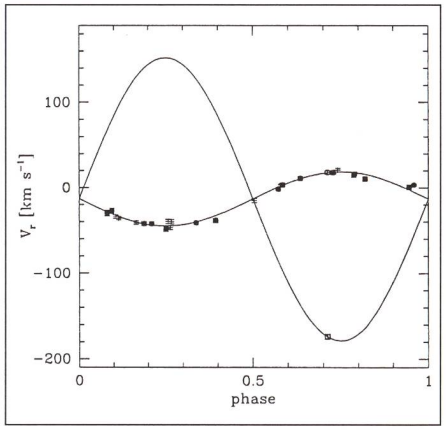
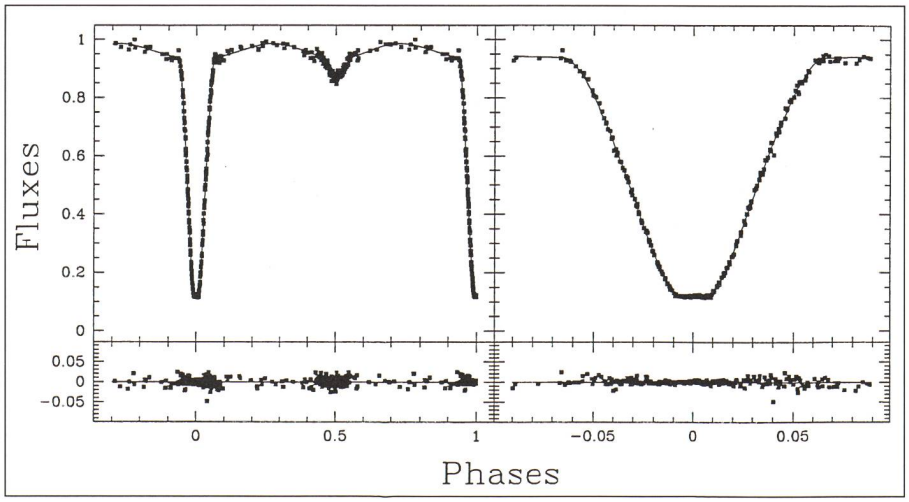


Fig. 5: Ce diagramme donne les deux courbes de vitesse radiale. La vitesse radiale représente la composante de la vitesse de révolution de l'étoile qui pointe dans la direction de la ligne de visée. La courbe de l'étoile secondaire est construite sur une seule mesure.

L'établissement d'une courbe de lumière synthétique

Les données acquises lors des étapes précédentes sont les paramètres d'entrée d'un logiciel capable de construire des courbes de lumière synthétique, c'est-à-dire basées essentiellement sur les connaissances théoriques qui ont été développées par rapport aux systèmes binaires à éclipses. Ce sont des logiciels complexes qui peuvent travailler sur plus de trente paramètres libres. Le traitement s'effectue, par rapport au logiciel utilisé à Genève, en deux étapes. On commence, en utilisant les informations acquises précédemment, par calculer

Fig. 6: A gauche, la courbe de lumière intégrale de TZ Eri dans le filtre V. La ligne continue représente la courbe de lumière synthétique obtenue par calcul. Dans la partie inférieure de l'image sont portés les écarts qui existent entre la courbe observée et la courbe théorique. La partie droite représente un agrandissement du minimum principal.



[9] Le rougissement d'une étoile est dû à l'absorption de la lumière par les gaz et poussières interstellaires qui existent le long de la ligne de visée.

des courbes de lumière synthétique qui correspondent au mieux aux courbes observées. Et ceci en ajustant empiriquement un certain nombre d'autres paramètres inconnus. Lorsqu'on estime avoir atteint une correspondance satisfaisante, on passe à ce qu'on appelle la correction différentielle des paramètres. Le logiciel va chercher à minimiser dans l'espace des paramètres, les écarts entre courbe synthétique et courbe observée, en modifiant la valeur des paramètres que l'utilisateur indique comme ajustables. Lorsque une convergence satisfaisante est obtenue, les valeurs des paramètres ainsi fixés par le logiciel sont considérées comme étant les «vraies» valeurs. La fig. 6 montre la courbe synthétique et la courbe observée pour le filtre V.

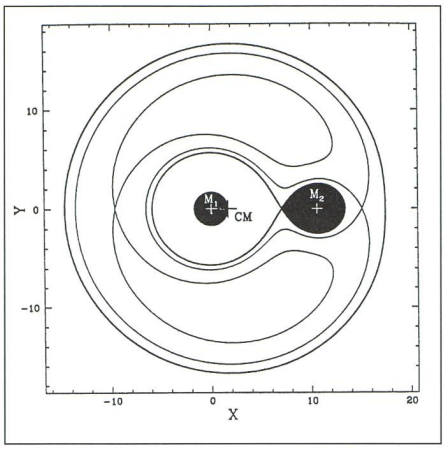


Fig. 7. Vue schématique, dans le plan équatorial, du système binaire TZ Eridani. Les distances indiquées sur les axes sont exprimées en rayons solaires. On remarque la déformation de l'étoile secondaire.

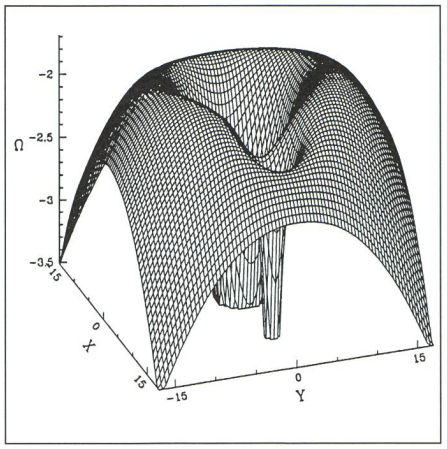


Fig. 8. Cette image donne la forme du potentiel gravitationnel au voisinage des deux étoiles du système binaire.

Les résultat finaux pour TZ Eri

Finalement cette démarche nous permet de construire l'image suivante du système binaire à éclipses TZ Eri. C'est un système dont le demi grand-axe relatif est de 10.6 rayons solaires et qui est vu depuis la Terre avec une inclinaison de 86.7°. L'étoile primaire de ce système possède une température effective comprise probablement entre 7770 et 7870° K, pour une masse de 1.97 masse solaire et un rayon de 1.69 rayon solaire. L'accélération de gravitation à sa surface est de l'ordre de 19000 m/s^2 et sa magnitude bolométrique de 2.3. L'étoile secondaire est une étoile déformée de 0.37 masse solaire, ayant un rayon moyen de 2.6 rayons solaires, une magnitude bolométrique de 3.7 et une température effective comprise entre 4560 et 4660° K. La déformation est due à un effet de marée causé par les forces de gravitation de l'étoile primaire qui attire vers elle la matière de l'étoile secondaire. La composante B prend donc la forme d'une poire dont la «pointe» est dirigée vers l'étoile primaire. La distance «pointe de la poire»-centre de l'étoile est de 3.6 rayons solaires. Cette déformation dépasse donc de près de 700 000 km le rayon moyen de l'étoile. L'assombrissement centre-bord qui donne la diminution de la luminosité de l'étoile entre le centre et le bord est estimé pour l'étoile primaire à 0.54 dans le visible. On perd donc environ, dans le visible, la moitié de la luminosité entre le centre de l'étoile et son bord.

FABIO BARBLAN
6A, route de l'Etraz, CH-1239 Collex/GE

Une caméra Web en astronomie

JEAN-GABRIEL BOSCH

Depuis quelques années, on trouve sur le marché, des petites caméras CCD appelées communément WebCams, dont l'utilité première est la visio conférence.

Suite à l'excellent article de M. Collart (http://astrosurf.org/uranus/astrocam/ paru dans la revue Eclipse de septembre-octobre 1998, N°9), j'ai décidé d'acquérir une de ces petites caméras. Mon choix s'est porté sur la QuickCam color vc de Connectix (maintenant Logitech), ceci un peu à l'aveuglette car la Q.C. noir-blanc, utilisée par M. COLLART n'est plus fabriquée. Par bonheur, il s'est avéré depuis que la Q.C. vc est très performante en imagerie planétaire, tout en restant à un prix modeste, environ Fr. 170.–.

Evidemment, à ce prix, la caméra n'est pas pourvue de système de refroidissement comme sur les caméras CCD dédiées à l'astronomie. La conséquence est qu'elle n'est pas utilisable en imagerie du ciel profond. En effet le temps de pose maximum se situe entre 2 et 3 secondes, ce qui est suffisant pour saturer le capteur. Refroidir la caméra n'est pas simple, et un bon nombre de spécialistes, fous de QuickCam, s'y attellent, alors peut être...

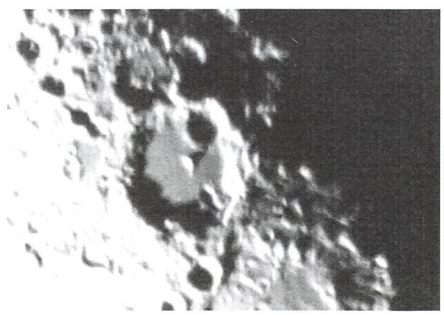
La QuickCam est donc réservée avant tout à l'imagerie planétaire. Il est possible néanmoins de saisir des étoiles, pour autant qu'elles soient suffisamment brillantes. (voir le site de P. CHEVALLEY http://www.astrosurf.org/astropc)

Il faut encore mentionner qu'une modification de la caméra en tant que système de guidage est sur le point d'aboutir; ceci devrait intéresser tous les amateurs Çcécédéistes» ou astrophotographes. (Voir la page de JEAN-PAUL GODARD: http://perso.club-internet.fr/uranos/evoila.htm)

Modification de la caméra

On trouvera à l'adresse de M. COLLART la marche à suivre très détaillée du démontage de cette caméra. Néanmoins l'opération est aisée: elle s'effectue simplement avec un trombone et un petit tournevis.

Le corps de la caméra est composé de 2 demi-sphères. A la jointure de ces dernières on trouve un petit orifice. On y insère en partie le bout du trombone déplié, ce faisant on appuie alors sur un clip de fixation; il ne faut pas trop forcer le clip afin de ne pas le casser. La caméra contient encore 2 autres clips. En s'aidant d'un petit outil, les deux parties se détachent sans trop de difficulté.

L'on peut alors sortir le circuit imprimé afin d'y démonter la partie du bloc optique tenue par trois vis de fixation. Le capteur CCD devient alors visible. Tout ceci doit s'effectuer, bien entendu, avec le plus grand soin.

Voilà, c'est terminé, on peut remonter la caméra sans son objectif.