Zeitschrift: Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft
Herausgeber: Schweizerische Astronomische Gesellschaft
Band: 56 (1998)
Heft: 285

Artikel: L'univers, dis moi ce que c'est? : Épisode 14 : les étoiles, cinquième partie

Autor: Barblan, Fabio

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-897476

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: 21.07.2025

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

L'Univers, dis moi ce que c'est?

Episode 14: Les étoiles, cinquième partie

FABIO BARBLAN

6. Les étoiles variables

(suite et fin)

6.4 Etoiles binaires et multiples.

Comme indiqué au début de ce chapitre, il existe, vues de la Terre, des étoiles variables qui en fait ne le sont pas d'une façon intrinsèque. La variation de luminosité n'est pas due à des modifications physiques de l'étoile elle-même, mais à son occultation par un compagnon: ce sont donc des systèmes binaires ou multiples à éclipses. Dans ce cas, la variation de luminosité est due aux éclipses produites par l'une des composantes du système binaire sur l'autre.

Les étoiles binaires sont constituées d'un couple d'étoiles sous influence gravitationnelle réciproque; elles possèdent un mouvement de rotation autour de leur centre de masse commun. On peut les classer en binaires optiques, photométriques ou spectroscopiques (figure 1), selon que les deux composantes sont résolues optiquement, photométriquement ou spectroscopiquement. On parle aussi de système binaire large ou serré. Malgré le fait que la variation de luminosité est d'origine mécanique, on peut observer des variations périodiques ou apériodiques de la courbe de lumière. Pour ce qui concerne les variations périodiques, elles s'expliquent, soit par une rotation des absides (figure 2), soit par l'existence d'un troisième compagnon non identifié. Quant aux variations apériodiques, on avance l'explication d'une perte de masse par l'une des composantes ou l'échange de masse entre les deux composantes.

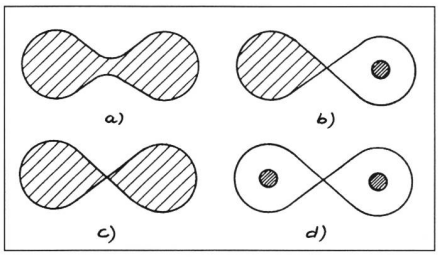


Figure 1: Les principaux types de systèmes binaires: a) système en contact, b) système semi-détaché, c) système en contact; les deux composantes remplissent leur lobe de Roche respectif, d) système détaché.

Des systèmes binaires particulièrement remarquables sont:

β **Lyrae**: système constitué d'une étoile massive peu lumineuse et d'une étoile lumineuse peu massive de type spectral B8. Les deux étoiles sont entourées d'une atmosphère commune (figure 3).

Algol: c'est un système triple. La paire principale AB possède une période orbitale de 2.87 jours, qui se superpose à une période de 1.86 années de la rotation du système AB + C autour de leur centre de masse commun (figure 4).

V444 Cygni: système composé d'une étoile de Wolf-Rayet (voir plus loin la description de ce type d'étoile) et d'une étoile de type O6 (figure 5).

V471 Tauri: système constitué d'une étoile K0 de 0.7 masse solaire (MS) et de 0.8 rayon solaire (RS), et d'une naine blanche de 0.7 MS et de 1.3 RS.

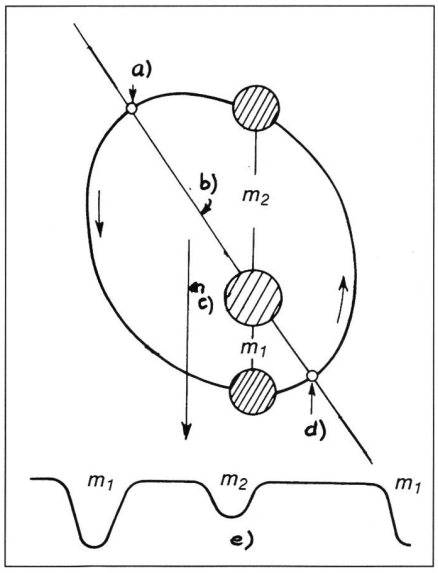


Figure 2: Cette figure montre l'asymétrie produite, dans la courbe de lumière, par une orbite excentriques. Si la ligne des absides b) subit une rotation le minimum secondaire effectue un mouvement d'oscillation autour d'une position moyenne. a) apogée, c) direction vers l'observateur, d) périgée, e) courbe de lumière (m_1 minimum primaire, m_2 minimum secondaire).

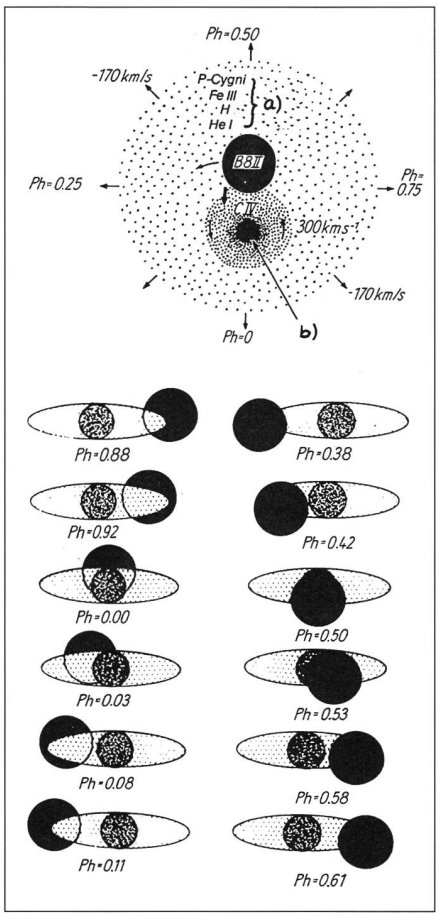


Figure 3: En haut: modèle de β Lyr avec a) différents types d'émission de l'atmosphère commune et b) disque d'accrétion autour de la primaire responsable des raies d'émission de l'hydrogène.
En bas: différentes positions de β Lyr comme on peut les observer depuis la terre.

ε **Aurigae**: système avec une période d'environ 27 années. La lumière mesurée ne viendrait que de la plus petite des deux étoiles (la plus lumineuse), dont la lumière diminuée de 50% au minimum de la courbe de lumière, serait encore visible à travers la composante la plus grande. Le rayon de la «petite» étoile est de 150 RS et celui de la «grande» de 1500 RS!! (figure 6)

γ **Aurigae**: l'étoile la plus grande de ce système est une supergéante de 200 RS et de 22 MS de type spectral K4. La plus petite est une étoile de la séquence principale de type B7 ayant un rayon de 5 RS et une masse de 10 MS. La période est de 972.16 jours. L'éclairage par la petite composante de l'atmosphère de la supergéante K4 a permis une étude approfondie de cette dernière par les raies d'absorption produites régulièrement dans son spectre à chaque passage derrière la grande étoile.

La forme de la courbe de lumière (figure 7) d'une binaire à éclipse dépend d'une série de facteurs comme:

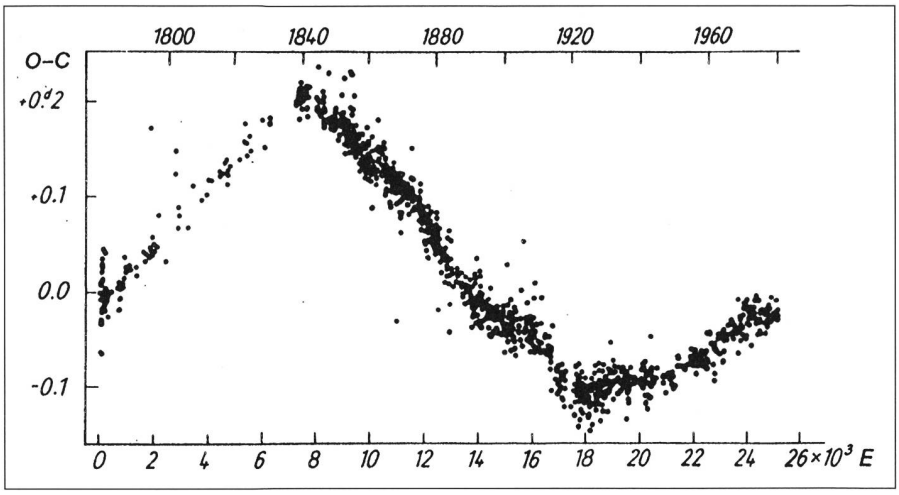


Figure 4: La courbe O-C pour Algol.

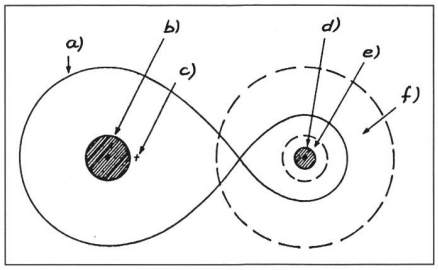


Figure 5: Modèle de V 444 Cyg: a) limite de Roche, b) étoile de type spectral O, c) centre de gravité commun, d) étoile de Wolf-Rayet, e) enveloppe interne, f) enveloppe d'électrons.

- la distance réciproque et la grandeur relative des deux composantes,
- l'excentricité de l'orbite de la secondaire,
- la température effective des deux étoiles,
- la luminosité absolue et relative des deux composantes,
- l'inclinaison du plan de l'orbite sur la ligne de visée,
- le rapport des masses des deux composantes,
- les déformations induites par des effets de proximité,
- les effets de réflexion de la lumière d'une composante sur l'autre,
- les effets de lumière dus à l'existence de spots lumineux sur la surface d'une ou des deux composantes,
- le transfert de masse d'une étoile à l'autre ou entre les deux étoiles.

La description théorique d'une courbe de lumière d'une binaire à éclipse n'est donc pas un problème simple. Malgré la complexité de la situation, il existe d'excellents programmes informatiques qui permettent, à partir des données photométriques et de vitesses radiales, d'obtenir l'ajustement de la courbe théorique à la courbe expérimentale, et de déterminer ainsi les principaux paramètres physiques du système binaire.

7. Etoiles particulières

En dehors de la classification évolutive, on distingue des étoiles dites particulières, ayant des propriétés spécifiques qui ne sont pas nécessairement reliées au processus d'évolution. Parmi ces étoiles, celles de type A tiennent une place toute spéciale, dans la mesure où, contrairement aux prévisions théoriques (on pensait que les modèles existants d'atmosphères stellaires s'appliqueraient particulièrement bien à ce type d'objets), très peu d'étoiles de type A sont considérées comme «normales».

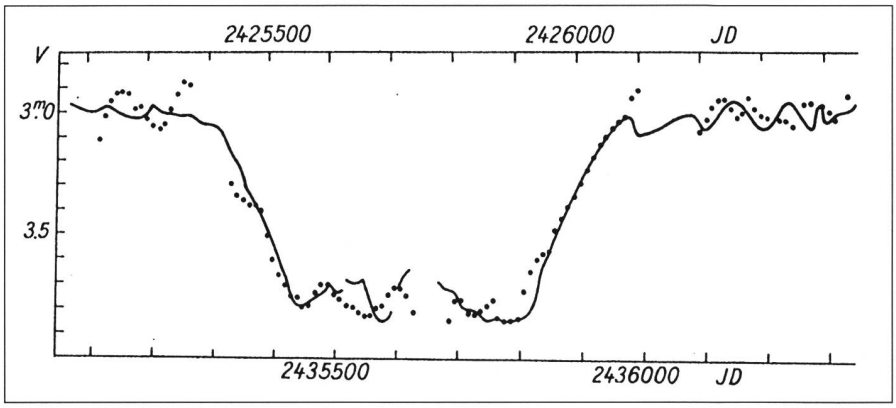
7.1 Les étoiles de type Am ou étoiles métalliques

Leur caractéristique essentielle est un spectre avec des raies CaII, K et ScII anormalement faibles mais avec des raies métalliques très fortes, en particulier SrII, et les raies du groupe du fer. Il est toujours difficile de donner une définition globale lorsque la dispersion des principaux paramètres est trop grande; cette définition est donc en moyenne correcte, mais peut dévier d'un cas particulier à un autre. La faiblesse de la raie K du calcium attribue à ce type d'étoiles un spectre précoce; par contre la force des raies métalliques la fait basculer dans un spectre de type tardif. Ainsi l'étoile τ UMa serait, selon la raie K, de type spectral A5 donc précoce, mais selon les raies métalliques, elle serait de type F6 donc tardif. A cause de cela, un classement judicieux des étoiles Am peut se faire par rapport à la différence entre les deux types extrêmes de classes spectrales, en comptant un dixième par classe décimale. Les étoiles Am possèdent des mouvements de rotation faibles de l'ordre de 55 km/s contre les 150 km/s des étoiles normales de même classe spectrale. Dans la majorité des cas les étoiles Am sont une composante d'un système binaire spectroscopique. Ces systèmes possèdent une période moyenne inférieure à 100 jours (figure 8).

7.2 Les étoiles de type Ap ou étoiles magnétiques

Ces étoiles possèdent, par rapport aux étoiles normales de type spectral B5 à F0, des spectres avec des raies extrêmement nettes, parmi lesquelles on trouve les raies du Chrome, du Manganèse et du Silicium ou du Strontium particulièrement marquées et des raies des terres rares comme l'Europium et le Gadolinium. Souvent l'intensité de ces raies varie plus ou moins périodiquement mais, avec des phases différentielles, on observe aussi des faibles variations de la luminosité avec des amplitudes plus petites que 0.1 magnitude. Si on classifie les étoiles Ap en étoiles Si ou Mn ou Cr selon la prédominance des raies correspondantes, on observe alors une excellente corrélation avec les indices de couleurs B-V ou U-B. Les étoiles Ap sont des étoiles à rotation

Figure 6: Le minimum primaire de la courbe de lumière de ε Aur.



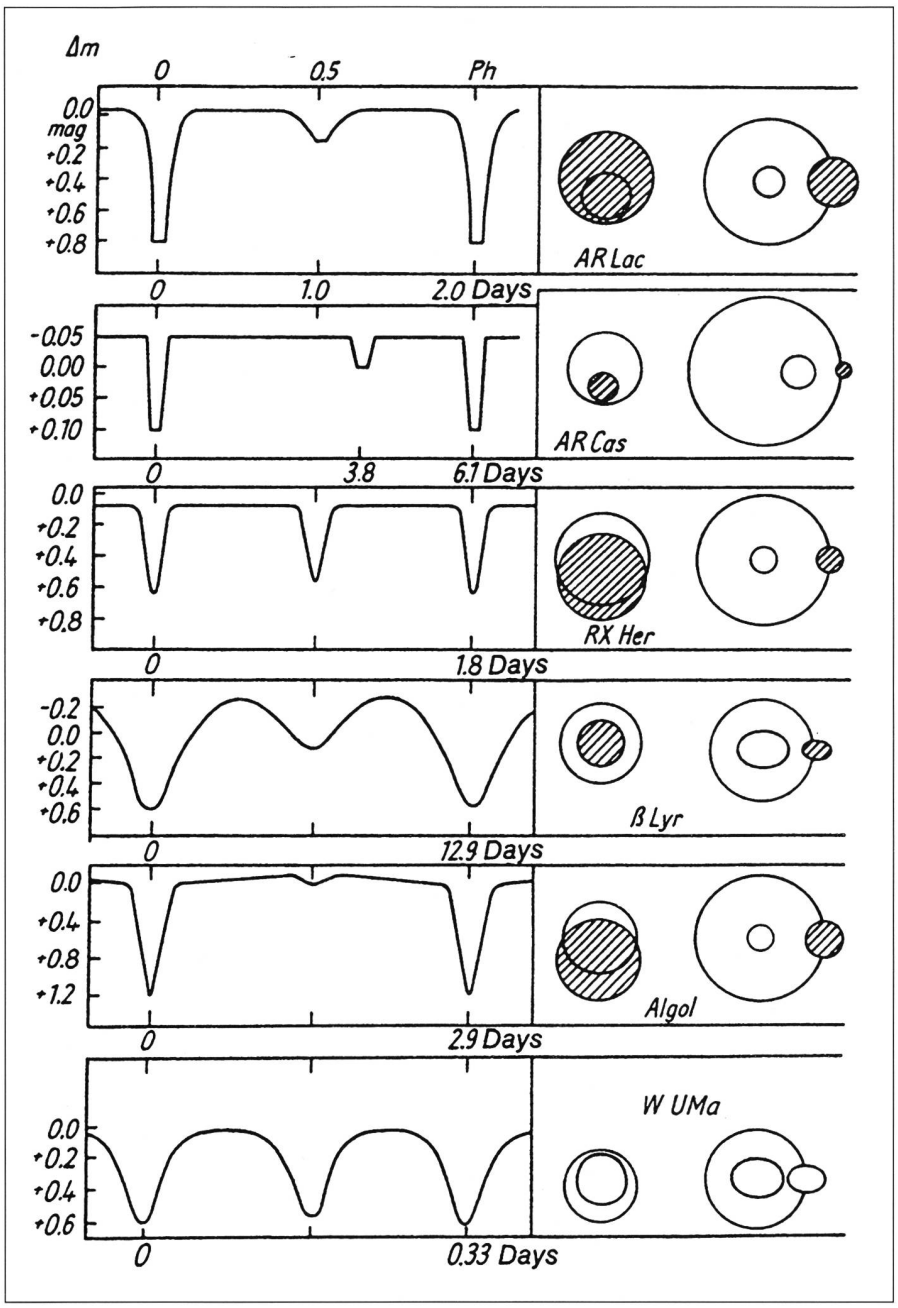
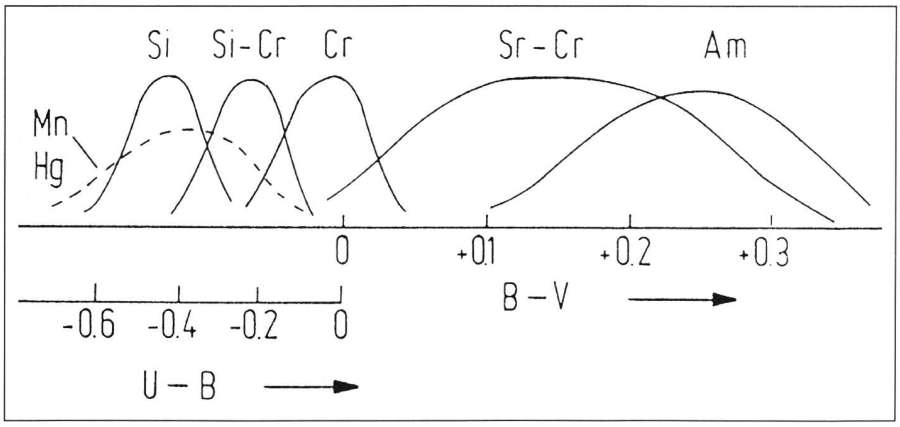


Figure 7: Différents types de courbes de lumière pour des étoiles binaires à éclipses. Dans la première colonne on trouve les différents types de courbes de lumière. La deuxième colonne donne la position respective des deux composantes pendant l'éclipse primaire et dans la troisième colonne on trouve l'orbite relative de la secondaire par rapport à l'étoile centrale.

lente, en moyenne inférieure à 80 km/s. Le champ magnétique peut atteindre plusieurs milliers de Gauss, il est en général variable périodiquement ou irrégulièrement. A cause de la conductibilité électrique élevée du plasma stellaire, les lignes de force magnétiques sont gelées dans la matière. Ainsi un changement du champ magnétique ne peut avoir lieu que s'il y a transport de matière. Or les champs magnétiques sont trop grands et trop intenses et les variations se font sur des échelles de temps trop courtes pour pouvoir raisonnablement les expliquer avec un transport de matière. On les explique en admettant que l'axe du champ magnétique ne coïncide pas avec l'axe de rotation de l'étoile (rotateur oblique) (figures 8 et 9).

Figure 8: Représentation schématique des rapports entre les singularités spectrales et les couleurs des différentes sous-classes d'étoiles Ap et Am.



7.3 Etoiles à atmosphères particulières

7.3.1 Les étoiles de type Be

Ces étoiles se caractérisent par des raies d'émission de l'hydrogène et de quelques éléments comme Fe II, Ti II, Si II. Les raies d'absorption montrent un élargissement qui indique des grandes vitesses de rotation des couches supérieures de l'étoile, de l'ordre de 200 à 500 km/s. Cette grande vitesse de rotation est à l'origine d'instabilités rotationnelles qui provoquent, au niveau de l'équateur stellaire, une fuite de matière. Elle forme autour de l'étoile une enveloppe ou un anneau de gaz dilué. Ce dernier va, à cause de la conservation du moment cinétique, tourner plus lentement que la surface de l'étoile. L'ensemble des raies d'émission produites dans cette enveloppe de gaz par le rayonnement UV de l'étoile possèdent, en effet, un élargissement Doppler faible. On estime la densité du gaz à environ 10^{10} atomes d'hydrogène par cm^3 et sa masse à environ 10^{-10} masses solaires.

7.3.2 Les étoiles de type Wolf-Rayet

Ces étoiles se caractérisent par un spectre d'émission à raies très larges (de 20 à 100 Angström) sur un fond continu faible. Les raies d'émission concernent surtout l'Hélium I et II et les ions II, III et IV des éléments Calcium, Azote et Oxygène. On distingue deux catégories d'étoiles de Wolf-Rayet, les étoiles WC et les étoiles WN, suivant la prédominance des raies d'émission du Calcium ou de l'Azote. Les estimations donnent pour

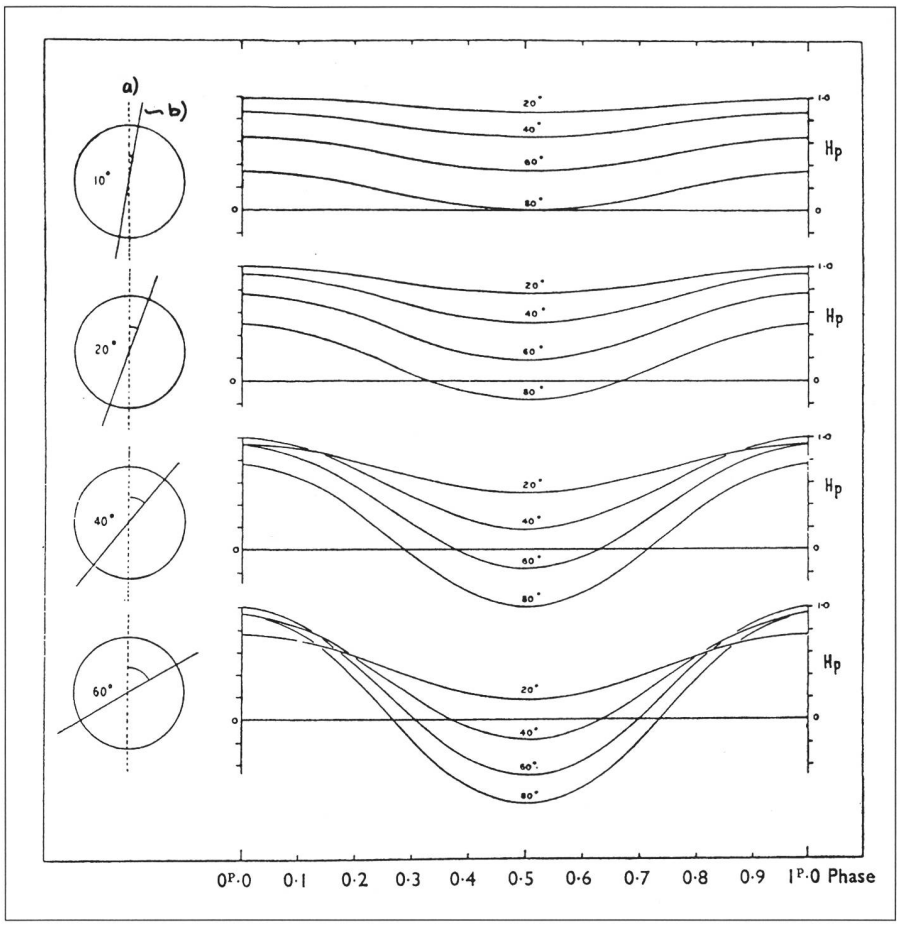


Figure 9: Variation apparente du champ magnétique d'une étoile pendant sa rotation. a) direction vers l'observateur, b) axe de rotation.

ces étoiles des masses d'environ 10 masses solaires et des rayons de l'ordre de 7 rayons solaires. Mais l'atmosphère de ces étoiles peut s'étendre jusqu'à 35 rayons solaires, lieu de formation probable des raies d'émission. Leur luminosité moyenne correspond à une magnitude de -4 et la température effective moyenne est d'environ 40000 degrés Kelvin. On pense que la majorité des étoiles W sont, en fait, des systèmes binaires serrés. L'élargissement considérable des raies d'émission s'explique par une enveloppe gazeuse en expansion rapide ou régulière avec des vitesses moyennes variant entre 500 et 800 km/s. La perte de masse annuelle est estimée à 10^{-5} masses solaires (210^{25} Kg/année). Certaines étoiles centrales de nébuleuses planétaires sont des étoiles de Wolf-Rayet.

FABIO BARBLAN
17, route de Vireloup, CH-1293 Bellevue

Bibliographie

C. HOFFMEISTER, G. RICHTER, W. WENZEL; *Variable Stars*; Springer Verlag 1985. Source des illustrations.

Feriensternwarte – Osservatorio – CALINA

Programm 1998

13.-18. April *Elementarer Einführungskurs in die Astronomie.* Mit praktischen Übungen am Instrument in der Sternwarte. Leitung: HANS BODMER, Gossau / ZH

20.-25. April *Aufbaukurs; 2. Teil des Elementaren Einführungskurses in die Astronomie.* Vertiefte Kenntnisse mit praktischen Übungen am Instrument in der Sternwarte. Leitung: HANS BODMER, Gossau / ZH

27. April - 2. Mai *CCD - Astronomie.* Eine Einführung mit Praxis. Leitung: JOSEF SCHIBLI, Birrhard

6. /7. Juni *14. Sonnenbeobachtertagung der SAG*

13. /14. Juni *Kolloquium.* Thema: Photographische Sonnenbeobachtung mit Film und CCD. Leitung: HUGO JOST, Technischer Leiter SAG

21.-26. September *Elementarer Einführungskurs in die Astronomie.* Mit praktischen Übungen am Instrument in der Sternwarte. Leitung: HANS BODMER, Gossau / ZH

28. September - 3. Oktober *Die Sonne und ihre Beobachtung.* Leitung: HANS BODMER, Gossau / ZH

12.-17. Oktober *Einführung in die Grundzüge der Mathematik von Sonnenuhren.* Leitung: HERBERT SCHMUCKI, Wattwil

Anmeldungen für alle Kurse und Veranstaltungen bei der Kursadministration:
Hans Bodmer, Schlottenbüelstrasse 9b, CH-8625 Gossau / ZH, Tel. 01/936 18 30 abends. Für alle Kurse kann ein Stoffprogramm bei obiger Adresse angefordert werden.

Unterkunft:
Im zur Sternwarte gehörenden Ferienhaus stehen Ein- und Mehrbettzimmer mit Küchenanteil oder eigener Küche zur Verfügung. In Carona sind gute Gaststätten und Einkaufsmöglichkeiten vorhanden.

Hausverwalterin und Zimmerbestellung Calina:
Ferien-Sternwarte Calina - Osservatorio Calina, Frau Brigitte Nicoli, Postfach 8, CH-6914 Carona TI, Tel. 091/649 52 22 oder Feriensternwarte Calina: Tel. 091/649 83 47

Alle Kurse und Veranstaltungen finden unter dem Patronat der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft SAG statt.