

ESTRELLAS VARIABLES YY GEMINORUM

Francisco A. Violat Bordonau
Víctor Violat Martín

Asociación de Variabilistas de España
Asesores Astronómicos Cacereños

fviolat@yahoo.es

En este trabajo queremos presentar un sencillo estudio fotométrico de la estrella variable binaria eclipsante YY Gem, por otro nombre Castor C.

En todos nuestros artículos anteriores, disponibles en Internet en la dirección web

<http://personales.ya.com/casanchi/astronomia.htm>

hemos estudiado estrellas débiles, comprendidas entre las magnitudes 11.9^a a 14.9^a: sin embargo en este trabajo presentaremos un estudio fotométrico de una estrella bastante brillante, YY Gem.

YY Gem es una estrella doble física que pertenece a Castor, un sistema estelar múltiple distante 51.6 años-luz (Hipparcos) formado nada menos que por **seis** estrellas agrupadas en tres parejas: un sistema binario formado por dos enanas rojas (YY Gem, famosa por experimentar erupciones o *flares*), y dos sistemas binarios (Castor A y B, situados a 73" de YY Gem, lo que equivale a unas 1.100 a. l.), que giran una en torno a otra en un período de 467 años según Hipparcos: una estrella tipo A y su compañera enana, invisibles.

Las dos enanas rojas que componen YY Gem giran una en torno a otra en una órbita prácticamente circular, lo que origina eclipses casi totales en cada revolución ya que la inclinación orbital ronda los 86°; por ello está clasificada como **EA/DM+UV** en donde **EA** define el sistema eclipsante como *Algólida* (prototipo: Beta Persei) y **UV** nos indica que es una variable eruptiva del tipo UV Ceti, con *flares* que aumentan su brillo súbitamente sin periodicidad alguna. Se ha calculado que el sistema YY Gem gira en torno a Castor AB en un período de unos 10.000 años...

Los estudios astronómicos continuados del sistema han ido descubriendo y poniendo de manifiesto poco a poco sus curiosidades: desdoblamiento de sus líneas espectrales (Joy y Sanford, 1926), su carácter de binaria eclipsante (van Gent, 1926), la existencia de posibles *manchas oscuras* (Kron, 1952), su actividad estelar en forma de *flares* (Moffet y Bopp, 1971), un posible cambio en su período orbital (Leung y Schneider, 1978) o incluso una posible periodicidad en la repetición de sus *flares* (Doyle *et al.*, 1990). Podemos ver un esquema del sistema orbital, según el modelo ya clásico de Kron (1952), en la parte superior de la página siguiente.

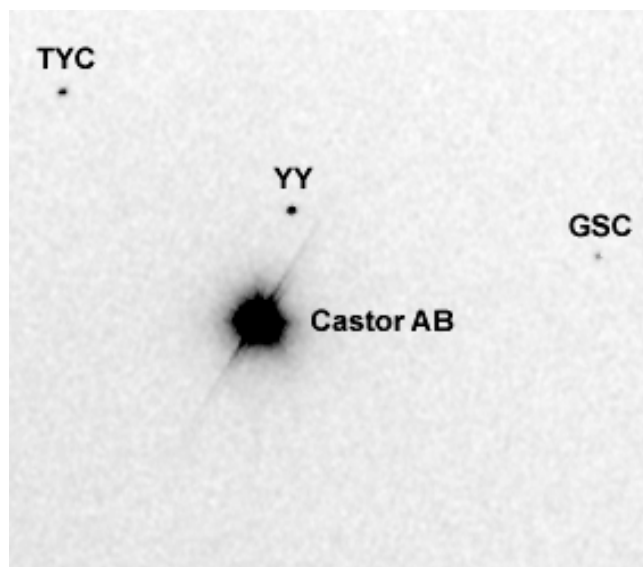


Imagen de YY Gem tomada con un SC-203 mm, f/ 6.3, en una integración de 5 segundos con filtro V Johnson: norte abajo y este a la derecha (Francisco A. Violat).

Quien desee localizar más datos en la bibliografía profesional (por ejemplo a través del buscador de NASA ADS) puede encontrarla bajo la denominación **ADS 6175 C, Alfa Gem C, BD+32 1582, SAO 60199** o **PPM 72940**; en SIMBAD aparece con magnitud 9.07^a V y 10.56^a B de donde su índice de color B-V es 1.49.

Su período orbital más fiable es el que hemos encontrado en Internet en las páginas de *An Atlas of O-C Diagrams of Eclipsing Binary Stars* y que es **0.814282235 días**, de modo que podemos determinar el instante de sus mínimos primarios de la fórmula:

$$\text{Min I} = \text{JD } 2424595.8204 + 0.814282235 \times E$$

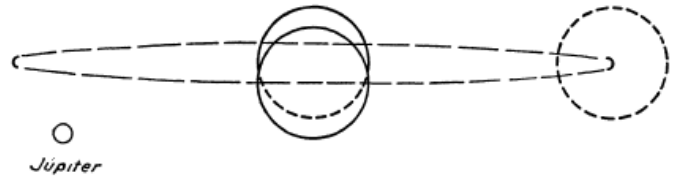
en donde **E** es el número de ciclos que ha completado desde la época de origen. (Un valor levemente distinto ha sido propuesto por Torres y Ribas en su trabajo de 2001: **0.814282212 d**).

Para evitar el excesivo resplandor de la binaria Castor AB (distante 71,2" en 1990) hemos utilizado exposiciones de sólo 5 segundos: suficientes para capturar YY Gem (en torno a la 9^a magnitud) con toda comodidad sin la molesta luz difusa de la brillante estrella primaria (en la imagen superior podemos apreciar **dos** brillantes puntas, correspondientes a las estrellas A y B separadas por unos 3.9" en el año 2001).

Con la intención de obtener su curva de luz, estudiar su comportamiento fotométrico y determinar su período actual hemos tomado noche a noche (siempre que la meteorología local de mayo y junio lo han permitido) imágenes CCD de Castor, empleando un telescopio catadióptrico de 203 mm con reductor de focal f/ 6.3 (equivalente a una focal final de 1.260 mm) dotado de filtro "V" Johnson para normalizar las mediciones; tras el procesamiento de bias, cuadros oscuros y campos planos se han abierto y medido las imágenes

Datos de YY Gem

Denominación:	Castor C
Identificador:	ADS 6175 C
FK5 2000:	7h 34m 37.41s +31° 52' 09.8"
Mag.media:	9.07
Índice B-V:	1.49
Rango oscilación:	8.91 ^a -9.60 ^a V
Período:	0.814282212 d
Tipo:	EA/DM+UV
Espectro:	M1Ve+M1Ve
Masa:	0.5992 solar
Radio:	0.6191 solar
Separación:	0.018 AU
Inclinación orbital:	86°



Modelo a escala de YY Gem (Gerard E. Kron, 1952).

con el programa **IRIS** (disponible en la página web de Christian Buil*), para determinar la magnitud de cada estrella y se han analizado estas medidas con **A.V.E.**, software empleado por el Grupo de Estudios Astronómicos (se puede descargar fácilmente de su página web**) para la búsqueda de períodos, representación de las curvas de brillo y otros estudios más complejos.

Para poder obtener su curva de luz lo más completa posible, en la cual pudiésemos apreciar sus dos eclipses, hemos estudiado la estrella durante **31 días** (3 de mayo al 3 de junio de 2003, DJ 2.452.763-52.794), midiendo su magnitud V por medio de la *fotometría diferencial*. En la calibración del software se ha empleado la estrella **TYC 2453-454-1** (mag. 10.39^a Vt), también llamada BD+32 1580 (mag. 10.6^a V según SIMBAD), de espectro G0; para comprobar la calidad de las tomas (y la no variabilidad de la estrella de calibración) hemos utilizado la estrella **GSC-2453-0264** (de la 13.28 magnitud, con un error de 0.4 mag.), la cual -aunque demasiado débil para nuestro propósito es la única que hay en la zona- ha permanecido estable con una dispersión de 0.08 magnitudes: dentro de esta oscilación de brillo no hemos detectado periodicidad, lo que indica que

* <http://www.astrosurf.com/buil/us/iris/iris.htm>

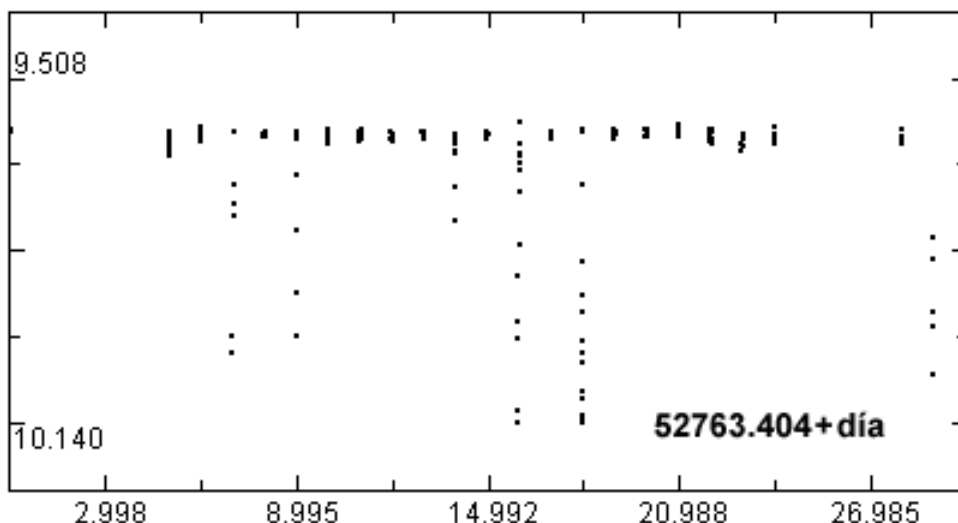
** <http://www.astrogea.org/web-gea/software.htm>

la estrella de comparación no es variable.

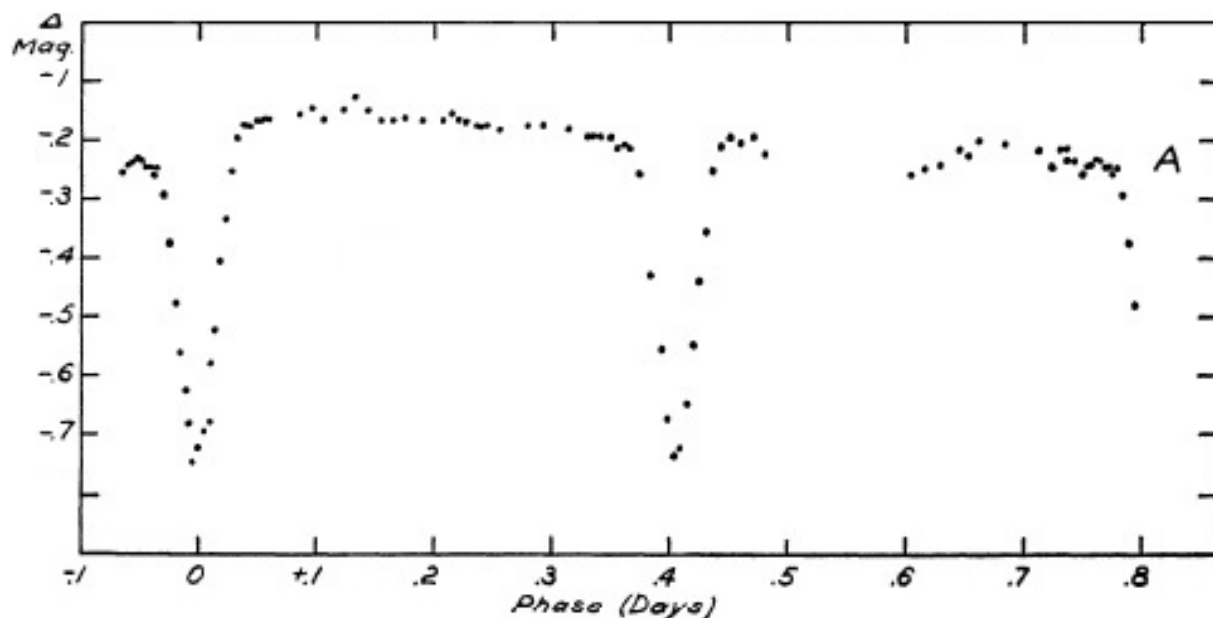
Una vez obtenidas las magnitudes (empleando para ello imágenes ampliadas 2 veces, para centrarnos al máximo en el brillo de la estrella), éstas se pasan a una tabla de datos que contiene el Día Juliano, fracción de día y magnitud para ser analizada con el programa A.V.E. (*Análisis de Variabilidad Estelar*), el cual pone de manifiesto los posibles períodos de oscilación en forma de “periodograma”; en el esquema inferior mostramos las 214 mediciones realizadas en el período 3 de mayo-3 de junio: puede verse la cobertura parcial de los eclipses primario/secundario.

Quizá el problema más grave a la hora de obtener una completa curva de luz es su período, muy próximo a las 19.54 horas: en una misma noche no es fácil cubrir una amplia porción de su ciclo, ya que dada su baja altura sólo podíamos trabajar con un mínimo de calidad fotométrica a lo largo de 40-60 minutos, apurando al máximo antes de que la estrella fuese afectada por la absorción atmosférica. Como se puede suponer tomando imágenes noche a noche, a intervalos de 24 horas como hemos hecho, se precisa un período bastante largo para cubrir todo su ciclo de modo adecuado: conociendo ya este hecho procuraremos obtener una mejor cobertura temporal en la campaña del año 2004.

La amplitud fotométrica medida por nosotros (magnitud instrumental, sin convertir al sistema V Johnson) oscila entre la 9,590^a y la 10,140^a: basta



Datos de YY en bruto, tal como han sido tomados noche a noche: pueden apreciarse los inicios o finales de los eclipses (primario y secundario), así como la magnitud del sistema en el período intermedio. Durante la última noche parece haberse capturado un *flare* (Francisco Violat Bordonau).



Curva de luz de YY Gem en la banda visual tomada del trabajo de Gerard E. Kron (1952): se pueden apreciar el eclipse primario, el secundario y una caída de luz cerca de la fase 0.55 debido a la presencia de *manchas oscuras*.

con restar 0.61 magnitudes a estos valores para convertir la magnitud instrumental en magnitud V; los límites quedan así en la 8.98 y 9.53; la caída de brillo depende del tipo de eclipse: para el eclipse primario medimos una profundidad de **0.540 mag.** mientras que para el secundario la profundidad encontrada es de **0.539 mag.**, con un error de **0.003 magnitudes**; este valor oscila entre 0.56 mag. (Van Gent, fotográfico) y 0.55 mag. (Kron, visual, en la parte superior).

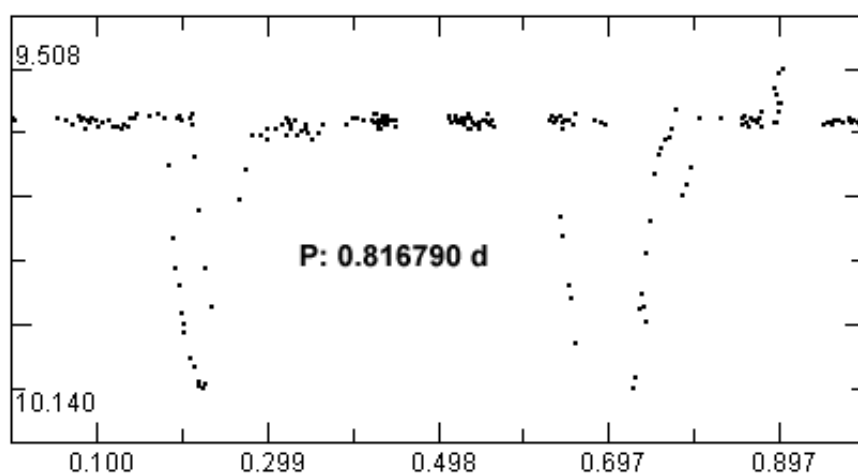
El período orbital fue determinado por Van Gent (1931) siendo igual a 0.8142822 días, aunque Leung y Schneider (1976), basándose en su propia fotometría, lo ampliaron a 0.81679 días. En el trabajo de Mallama (1980) vuelve a darse un período similar al antiguo (0.81428254 días) mientras que Zsoldos en el IBVS nº 2860 (febrero de 1986) anuncia un período de 0.81428254 días basándose en datos de un período observacional muy amplio, además de la fotometría que toma con el telescopio de 1 m del Konkoly Observatory (14-15 de noviembre de 1984). Un valor levemente distinto (0.814282212 d) ha sido propuesto re-

D. J.	Mag.
2768.4090	9.607
2768.4111	9.618
2768.4125	9.627
2768.4188	9.641
2768.4264	9.630
2768.4299	9.636
2768.4333	9.651
2768.4389	9.639
2768.4424	9.620
2769.3799	9.605
2769.3833	9.618
2769.3861	9.604
2769.3896	9.617
2769.3924	9.608
2769.3965	9.606
2769.4000	9.600
2769.4028	9.615
2769.4069	9.619
2769.4097	9.618
2769.4139	9.612
2769.4167	9.617
2769.4201	9.619
2769.4236	9.626

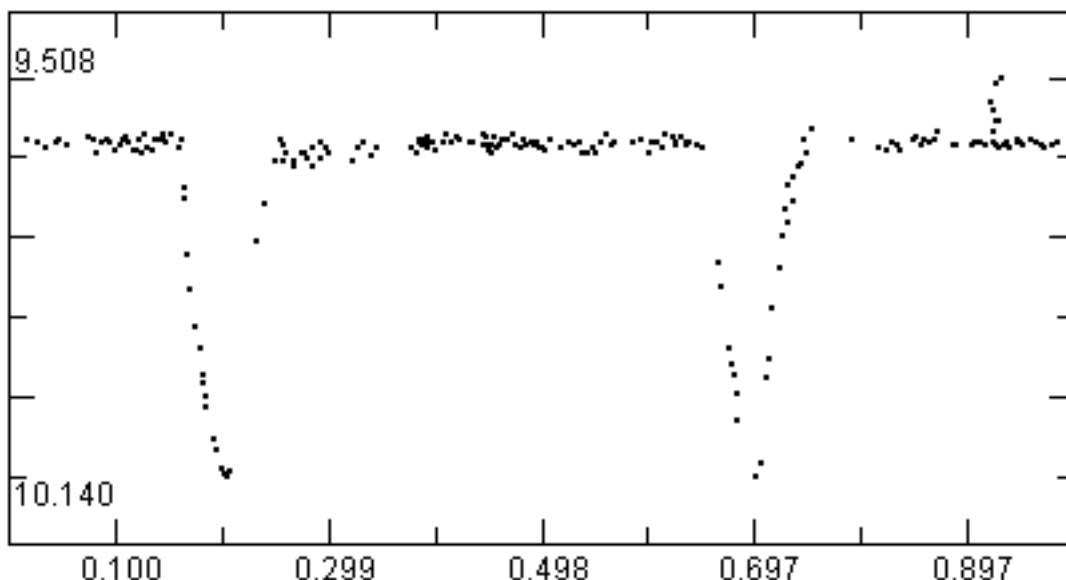
cientemente por Torres y Ribas (2001).

Con nuestros propios datos (parte de los cuales mostramos al lado) hemos comprobado que usando el valor determinado por Leung y Schneider (0.81679 días) **no** se obtiene coincidencia en los distintos eclipses que hemos capturado (curva de luz al pie de esta página), por lo cual **no** es válido: esto mismo dedujeron Kodaira e Ichimura (1980).

Sin embargo al utilizar el período reciente (0.8142822 d) sí hay coincidencia en los distintos eclipses que hemos medido de modo parcial (bien parte de una bajada o de una subida), por lo cual comprobamos que es correc-



Curva de luz de YY Gem empleando el período de 0.81679 días propuesto por Leung y Schneider: podemos comprobar que el período **no** es consistente con las observaciones, ya que en el eclipse primario (izquierda) las mediciones parecen ir *paralelas*, algo similar a lo que ocurre en el eclipse secundario que no llega a dibujarse con claridad.



Curva de luz de YY Gem empleando un período de 0.814282 días: se aprecian (no bien dibujados debido a la deficiente cobertura temporal) el eclipse primario y el secundario, así como un *flare* (fase: 0.90); para mayor claridad se han desplazado los eclipses de tal modo que ambos aparecen ahora con fase 0.2 (primario) y 0.7 (secundario). Francisco Violat Bordonau.

to. El reducido número de mediciones obtenidas en esta campaña (poco más de 210) no es suficiente para poder representar correctamente el periodograma (y su período) con AVE, aunque empleando el oficial se obtiene una buena curva de luz consistente con este período.

En resumen: aunque hemos iniciado tarde la campaña y el número de mediciones ha sido reducido, se ha conseguido cubrir de modo bastante bueno su ciclo completo dibujando medianamente bien los eclipses primario y secundario; esperamos que en la campaña del 2004 el tiempo atmosférico nos acompañe, de tal modo que podamos duplicar el número de mediciones, obtengamos fotometría rápida (intervalo entre imágenes: 2 minutos o menos) y logremos cubrir de modo más denso todo su ciclo.

Observatorio Astronómico de Cáceres (España), 7 de julio de 2003.

BIBLIOGRAFÍA

- 1926** ApJ **64**, 250. The dwarf companion to Castor as a spectroscopic binary and eclipsing variable. JOY, A. H., SANFORD, R. F.
- 1931** BAN **9**, 99. Photographic observations of the eclipsing variable Castor C (YY Gem). VAN GENT, H.
- 1950** ApJ **112**, 216. The spectrum of YY Geminorum (Castor C). STRUVE O., HERBIG G., HORAK H.
- 1950** BAN **11**, 203. Photovisual light-curve of the minima of YY Gem (Castor C). BINNENDIJK L.
- 1952** ApJ **115**, 301. A photoelectric study of the dwarf M eclipsing variable YY Geminorum. KRON, G. E.
- 1953** ApJ **117**, 468. The spectroscopic orbit of YY Geminorum (Castor C). STRUVE O., EBBIGHAUSEN E. G.
- 1959** ApJ **130**, 783. The spectrum of YY Geminorum (Castor C). STRUVE O., ZEBERGS V.
- 1971** ApJ **168**, 117. Discovery of flare activity on YY Geminorum. MOFFETT T.J., BOPP B. W.
- 1974** ApJ **193**, 389. A spectroscopic study of YY Geminorum. BOPP B. W.
- 1978** AJ **83**, 618. YY Geminorum. I. Photometry and absolute dimensions. LEUNG K. C., SCHNEIDER D. P.
- 1980** PASP **92**, 468. Photometry and period study of YY Geminorum. MALLAMA A. D.
- 1980** PASJ **32**, 451. Variation of the H beta emission lines of YY Geminorum. KODAIRA K., ICHIMURA K.
- 1985** IBVS 2819, 1. Flare monitoring of the active late-type system YY Geminorum. GEYER E. H., KAMPER B.
- 1986** IBVS 2860, 1. On the period of YY Geminorum. ZSOLDOS E.
- 1988** IBVS 3128, 1. Coordinated multiwavelength observations of YY Gem. BUTLER C. J.
- 1988** PASP **100**, 834. The Castor system. HEINTZ W.
- 1990** A&A **232**, 83. A periodicity in the flaring rate on the eclipsing binary YY Geminorum. DOYLE J. G., VAN DEN OORD G. H. J., BUTLER C. J., KIANG T.
- 1994** ApJ **436**, 91. An ASCA observation of the Castor system. GOTTHELF E. V., JALOTA L., MUKAI K., WHITE N. E.
- 1994** ApJ **420**, 373. Modeling light curves of spotted stars. EKER Z.
- 1995** ApJ **451**, 29. CM Draconis and YY Geminorum: agreement between theory and observation. CHABRIER G., BARAFFE I.
- 1996** A&AS **117**, 205. Eclipsing binaries as IRAS sources. FRIEDEMANN C., GUERTLER J., LOEWE M.
- 1997** A&A **317**, 707. VLBI measurement of the size of dMe stars. ALEF W., BENZ A.O., GUEDEL M.
- 1999** IBVS 4711, 1. Photoelectric minima of selected eclipsing binaries. AGERER F., HUEBSCHER J.
- 2000** MNRAS **319**, 1147. ROSAT All-Sky Survey X-ray and EUV observations of YY Gem and AU Mic. TSIKOURI V., KELLETT B. J.
- 2001** AJ **122**, 1965. Period changes in four short-period spotted binaries: UV Piscium, YY Geminorum, CG Cygni, and XY Ursae Majoris. SOWELL J. R., HUGHES S. B.,

HALL D. S., HOWARD B. A.

2002 AJ 124, 1060. YY Geminorum: a very late type close binary with possible magnetic stellar wind. QIAN S., LIU D., TAN W., SOONTHORNTHUM B.

2002 ApJ **567**, 1140. Absolute dimensions of the m-type eclipsing binary YY Geminorum (Castor C): a challenge to evolutionary models in the lower main sequence. TORRES G., RIBAS I.

2002 A&A 392, 58. Simultaneous X-ray spectroscopy of YY Gem with Chandra and XMM-Newton. STELZER B., BURWITZ V., AUDARD M., GUEDEL M., NESS J.-U., GROSSO N., NEUHAEUSER R., SCHMITT J. H. M. M., PREDEHL P., ASCHENBACH B.

2003 A&A, 402, 719. CastorA and CastorB resolved in a simultaneous Chandra and XMM-Newton observation. STELZER B., BURWITZ V.