

Détermination des rayons de Céphéides^{*,**}

V. Vitesses radiales et dimensions de 22 Céphéides galactiques

Determination of the radii of Cepheids

V. Radial velocities and dimensions of 22 galactic Cepheids

M. Imbert

Observatoire de Marseille, 2 place Le Verrier, F-13248 Marseille Cedex 04, France

Reçu le 7 avril ; accepté le 9 septembre 1999

Abstract. We present radial velocity data for 22 galactic Cepheid stars obtained with *Coravel* spectrometer. Continuous observation over several years has enabled us to obtain 852 individual velocities covering all the phases of the pulsation. The mean number of measurements per star is 39, ranging from 20 to 113. For each star radial velocity versus phase diagrams have been fitted by analytical relation, and the stellar radius variation has been derived by integration of this relation over the whole period. Using recent *ubv* photometry of the literature and velocity curves, we have calculated the radii of the stars using a method based on the Baade-Wesselink concept. For these 22 Cepheids we give a linear logarithmic period-radius relation with a range of 2,4 to 45 days.

Key words: stars: cepheids — stars: fundamental parameters — techniques: radial velocities

1. Introduction

La détermination des rayons des Céphéides est essentielle pour deux raisons. Elle donne tout d'abord des informations fondamentales concernant l'évolution stellaire, et ensuite, elle est la voie la plus sûre pour évaluer les distances. Grâce à la grande luminosité intrinsèque de ces étoiles, les distances peuvent être déterminées aussi bien à l'intérieur qu'à l'extérieur de la Galaxie. Dans ce contexte, il est très intéressant de pouvoir disposer d'une relation, la plus sûre

possible, liant le rayon à la période. Les algorithmes de calcul de ces rayons sont essentiellement basés sur le concept de Baade-Wesselink, impliquant l'analyse simultanée des vitesses radiales, des luminosités et des indices de couleur tout au long du cycle de pulsation.

2. Observations

Le spectromètre à corrélation *Coravel* a été mis en service sur le télescope suisse d'un mètre de l'Observatoire de Haute-Provence en 1977 (Baranne et al. 1979). Dès 1978 nous avons entrepris la mesure systématique des vitesses radiales, à toutes les phases de la pulsation, de nombreuses Céphéides galactiques. Cette étude a pour but de déterminer précisément les dimensions de ces étoiles et conséquemment l'étalonnage de la relation période-rayon pour ces objets. Ce travail présente les vitesses radiales couvrant toutes les phases de la pulsation pour 22 étoiles de ce programme. Ces 852 mesures individuelles ont été acquises durant 20 ans d'observation. Nous avons obtenu, en moyenne, 39 vitesses par étoile, les extrêmes étant 20 et 113. L'erreur moyenne sur la détermination de la vitesse est de 0,55 km s⁻¹, tandis que le résidu moyen relativement à l'ajustement est de 0,64 km s⁻¹. Les observations sont listées dans le tableau 1.

3. Représentation analytique de la pulsation

Nous avons montré précédemment (Imbert et al. 1985, 1989) que le mouvement radial de pulsation pouvait être décrit par une expression analytique de la forme :

$$V_r(t) = V_0 + \sum_m K_m (e_m \cos \omega_m + \cos(\nu_m(t) + \omega_m))$$

ν_m étant défini par :

$$\text{tg}(\nu_m(t)/2) = [(1 + e_m)/(1 - e_m)]^{1/2} \text{tg}(E_m/2)$$

Send offprint requests to: M. Imbert

* Les observations ont été effectuées à l'Observatoire de Haute-Provence (CNRS).

** Le tableau 1 est disponible seulement sous forme électronique au CDS via ftp à cdsarc.u-strasbg.fr (130.79.128.5) ou via <http://cdsweb.u-strasbg.fr/Abstract.html>

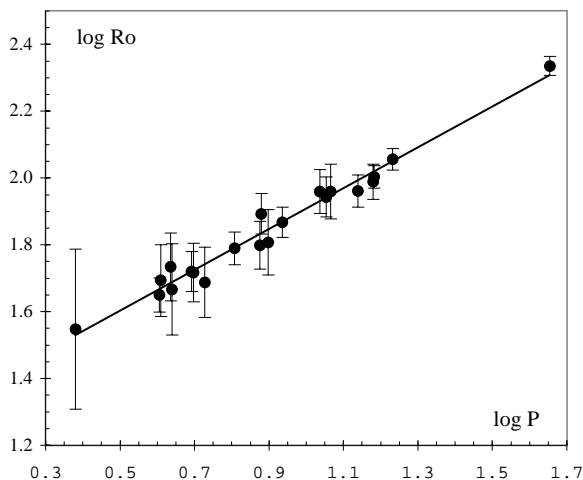


Fig. 1. Relation entre $\log R_o$ et $\log P$. L'étoile BL Her n'est pas représentée

avec $E_m - e_m \sin E_m = M_m$

et $M_m = 2\pi (t - T_{o_m})/P_m$

t est l'époque d'observation et P_m la période du mouvement m .

La valeur de m est un pour les Céphéides sans "bump", deux pour les Céphéides avec "bump", et, exceptionnellement trois quand deux mouvements ne suffisent pas à représenter correctement les observations (BL Her). Cet ajustement permet de représenter objectivement les observations de vitesse radiale en évitant les oscillations parasites introduites par un ajustement par développement de Fourier. Il permet en outre de maîtriser le nombre d'extremums de la courbe et donne une très bonne représentation de la pulsation, même dans le cas de mesures peu nombreuses ou mal réparties en phase. Toutes les formes de courbes rencontrées dans ce travail sont parfaitement représentées par ce lissage (Figs. 2, 3 et 4). Cette représentation analytique de la vitesse radiale de l'étoile au cours de sa pulsation est formellement identique à celle décrivant la variation de vitesse radiale des composantes d'un système double spectroscopique. On peut ainsi assimiler la variation de vitesse radiale d'une Céphéide à une somme de mouvements képlériens fictifs (Imbert et al. 1985; Imbert 1987; Imbert et al. 1989). Dans le cas de Céphéides doubles spectroscopiques, ces mouvements fictifs s'ajoutent au mouvement képlérien réel dû à la duplicité (Imbert 1994; Imbert 1996).

Les paramètres de lissage à calculer, V_o , e_m , ω_m , K_m et T_{o_m} , sont au nombre de 5, 9 ou exceptionnellement 13, auxquels s'ajoutent éventuellement une, deux ou trois valeurs de P_m . V_o est la vitesse du centre de masse de l'étoile et K_m l'amplitude de la composante m du mouvement. e_m et ω_m doivent être considérés comme des paramètres de forme. T_{o_m} est l'époque de passage au pé-

riastre de l'orbite fictive, mais ne correspond pas, en général, à un instant remarquable dans la cycle de pulsation. Le calcul de ces éléments orbitaux fictifs ou réels se fait par la méthode classique par améliorations itératives des éléments approchés de départ. Tous les calculs relatifs aux recherches de périodes, détermination des éléments orbitaux approchés et amélioration de ceux-ci par la méthode de moindres carrés de Schlesinger (1908), ont été effectués avec le programme SB5MCEX écrit en VBA Excel et mis en œuvre sur Power Macintosh. Ce programme, très interactif, permet de rechercher les périodes (Imbert 1972), de calculer des éléments approchés par une variante numérique de la méthode graphique de Lehman-Filhès (1894), et de déterminer les éléments orbitaux définitifs par itérations successives. Dans ce programme, il est possible de prendre en compte jusqu'à cinq mouvements képlériens superposés. Le programme donne en outre la possibilité de fixer n'importe quel élément à une valeur prédéterminée, comme la période ou l'excentricité e . Les éléments orbitaux fictifs calculés par la méthode ci-dessus sont donnés dans le tableau 2. Les différences, O-C, entre la valeur observée et la valeur calculée avec l'ajustement figurent dans le tableau 1.

4. Calcul des dimensions

4.1. Amplitude de variation des rayons

L'effet Doppler observé, dû au déplacement radial de l'atmosphère de l'étoile, n'est pas exactement la vitesse d'expansion V_e , mais la moyenne des vitesses radiales intégrée sur tout l'hémisphère visible. La vitesse d'expansion est évidemment la seule à considérer pour le calcul du déplacement. L'intégration sur tout le disque conduit à une relation linéaire liant la vitesse d'expansion à la vitesse radiale observée $V_e(t) = -\alpha V_r(t)$, où α est le facteur de projection (Imbert 1981a). Pour *Coravel*, la valeur de α retenue est 1,36 (Burki et al. 1982; Burki & Benz 1982).

L'amplitude de variation du rayon de l'étoile sera donnée par

$$\Delta R = \left| \alpha \int_{t_2}^{t_1} V_r(t) dt \right|$$

où t_1 et t_2 sont les deux instants du cycle de pulsation où le rayon est extrémal, c'est-à-dire quand $V_r(t) = V_o$. La théorie du mouvement dans un système double spectroscopique, exposée, notamment par Binnendijk (1960), montre que

$$Z(t) = \int V_r(t) dt = r \sin(\nu(t) + \omega) \sin i + Ct_e$$

où

$$r = \frac{a(1-e^2)}{1+e \cos \nu(t)} \quad \text{et} \quad a \sin i = \frac{P K (1-e^2)^{1/2}}{2\pi}$$

on peut ainsi calculer Z à chaque instant avec

$$Z(t) = \frac{P K (1-e^2)^{3/2} \sin(\nu(t) + \omega)}{2\pi(1+e \cos \nu(t))} + Ct_e.$$

Tableau 2. Paramètres d'ajustement de la variation de vitesse radiale. La période est exprimée en jours, V_0 , K et σ en km s^{-1} , ω en radians. nvr et m sont respectivement le nombre de vitesses utilisées dans le calcul et le nombre de mouvements nécessaires à la représentation de la pulsation. σ est le résidu quadratique moyen de l'ajustement. Pour chaque étoile les lignes sont relatives respectivement au premier, second et troisième mouvement. L'astérisque indique que la période utilisée est celle de la photométrie.

	Période	nvr	m	σ	V_0	e	ω	K
BL Her	1,3074372 ± 0,000007	113	3	0,82	9,85 ± 0,11	0,471 ± 0,027 0,739 ± 0,017 0,457 ± 0,053	1,36 ± 0,12 2,07 ± 0,16 1,77 ± 0,24	16,6 ± 1,4 13,5 ± 1,5 4,2 ± 0,4
UY Mon	2,398255 ± 0,000007	30	1	0,47	34,09 ± 0,10	0,301 ± 0,014	1,84 ± 0,05	9,7 ± 0,1
ST Tau	4,034299 (*)	32	1	0,73	1,11 ± 0,15	0,412 ± 0,011	1,67 ± 0,03	18,0 ± 0,2
SY Cas	4,071098 (*)	43	1	0,79	-46,93 ± 0,13	0,408 ± 0,008	1,67 ± 0,03	18,2 ± 0,2
Y Lac	4,323776 (*)	43	1	1,12	-22,25 ± 0,19	0,388 ± 0,012	1,63 ± 0,04	18,6 ± 0,3
V402 Cyg	4,364836 (*)	32	1	0,68	-13,42 ± 0,14	0,351 ± 0,011	1,53 ± 0,04	15,2 ± 0,2
V1154 Cyg	4,92546 (*)	32	1	0,57	-4,32 ± 0,11	0,295 ± 0,012	1,55 ± 0,05	12,7 ± 0,2
AS Per	4,972516 (*)	20	1	0,55	-30,39 ± 0,16	0,473 ± 0,008	1,55 ± 0,03	19,9 ± 0,2
BG Lac	5,331932 (*)	31	2	0,34	-18,02 ± 0,07	0,415 ± 0,043 0,133 ± 0,146	0,86 ± 0,41 2,37 ± 0,49	17,1 ± 4,9 5,6 ± 4,7
RR Lac	6,41629 ± 0,00002	29	2	0,39	-38,73 ± 0,10	0,435 ± 0,013 0,351 ± 0,216	1,30 ± 0,06 0,71 ± 0,98	17,3 ± 0,5 1,3 ± 0,5
BB Her	7,50585 ± 0,00008	25	2	0,53	88,75 ± 0,14	0,371 ± 0,018 0,513 ± 0,101	1,26 ± 0,08 2,21 ± 0,46	17,3 ± 0,5 2,9 ± 0,6
RS Ori	7,566881 (*)	38	2	0,67	42,89 ± 0,14	0,436 ± 0,012 0,524 ± 0,068	1,34 ± 0,05 2,36 ± 0,24	20,6 ± 0,4 3,8 ± 0,4
W Gem	7,91343 ± 0,00004	48	2	0,68	1,61 ± 0,11	0,453 ± 0,010 0,591 ± 0,062	1,22 ± 0,03 2,30 ± 0,18	21,0 ± 0,3 4,0 ± 0,3
GQ Ori	8,61645 ± 0,00007	29	2	0,50	45,12 ± 0,13	0,398 ± 0,015 0,362 ± 0,065	1,40 ± 0,08 2,64 ± 0,32	20,1 ± 0,7 5,5 ± 0,6
VX Per	10,8866 ± 0,0002	58	2	0,64	-35,97 ± 0,10	0,380 ± 0,013 0,412 ± 0,038	1,40 ± 0,07 2,69 ± 0,16	16,6 ± 0,5 6,8 ± 0,4
AA Gem	11,30334 (*)	38	2	0,60	18,76 ± 0,12	0,330 ± 0,029 0,384 ± 0,037	1,50 ± 0,18 1,85 ± 0,20	14,2 ± 1,2 12,2 ± 1,2
RX Aur	11,623537 (*)	25	2	0,38	-21,95 ± 0,11	0,268 ± 0,022 0,405 ± 0,051	1,27 ± 0,13 1,87 ± 0,28	15,6 ± 0,9 6,7 ± 0,8
TT Aql	13,754707 (*)	27	2	0,62	3,55 ± 0,15	0,375 ± 0,023 0,528 ± 0,031	1,92 ± 0,11 1,86 ± 0,18	20,4 ± 1,1 13,2 ± 1,2
SZ Cyg	15,11034 (*)	43	2	0,51	-11,39 ± 0,09	0,515 ± 0,018 0,424 ± 0,022	1,27 ± 0,11 1,79 ± 0,12	19,1 ± 1,2 16,3 ± 1,2
SV Mon	15,2342 ± 0,0001	40	2	0,56	27,32 ± 0,11	0,481 ± 0,013 0,554 ± 0,025	1,63 ± 0,06 1,89 ± 0,13	23,8 ± 1,0 14,8 ± 0,7
CD Cyg	17,07414 (*)	35	2	0,78	-11,45 ± 0,16	0,445 ± 0,023 0,546 ± 0,036	1,62 ± 0,12 1,90 ± 0,22	23,4 ± 1,5 13,8 ± 1,6
SV Vul	45,055 ± 0,002	41	2	0,36	-2,01 ± 0,07	0,386 ± 0,017 0,589 ± 0,089	1,68 ± 0,10 4,85 ± 0,92	25,3 ± 2,2 4,1 ± 2,2

Si P est exprimé en jours, K en km s^{-1} , $Z(t)$ s'exprime en rayons solaires par

$$Z(t) = 0,019757 \frac{P K (1 - e^2)^{3/2} \sin(\nu(t) + \omega)}{(1 + e \cos \nu(t))} + Ct_e.$$

Pour m mouvements, on peut alors calculer ΔR dans le cas général avec

$$\Delta R = \alpha \left| \sum_m [Z_m(t_{1m}) - Z_m(t_{2m})] \right|.$$

Pour chacune des étoiles nous avons ainsi calculé les amplitudes de variation des rayons en utilisant les paramètres des ajustements képlériens. Les résultats de ces calculs sont donnés dans le tableau 3.

4.2. Calcul des rayons

Pour l'époque t le rayon de l'étoile est calculé avec

$$R(t) = -\alpha \sum_m Z_m(t) + R_c$$

où R_c est un rayon qui sera pris pour référence dans les calculs. Dans le cas d'un seul mouvement, ce rayon est le rayon d'équilibre correspondant à une accélération nulle. Nous avons montré (Imbert 1987), qu'à toutes les phases de la pulsation on peut écrire une relation liant le rayon de l'étoile, la magnitude et un indice de couleur. Avec les couleurs V et B , on peut écrire :

$$V(t) = -5 \log R(t) - a(B - V)(t) + Q$$

Tableau 3. Dimensions des 22 céphéides. R_{\max} , R_o et ΔR sont exprimés en rayons solaires. nbv est le nombre de mesures B et V utilisées pour le calcul des rayons. a est le coefficient de proportionnalité entre $10 \log T_e + CB$ et $B - V$

	Période	nbv	R_{\max}	R_o	ΔR	a
BL Her	1,31	69	12,3	$11,7 \pm 0,9$	$1,24 \pm 0,07$	$2,48 \pm 0,05$
UY Mon	2,40	25	35,9	$35,3 \pm 8,6$	$1,18 \pm 0,01$	$2,56 \pm 0,11$
ST Tau	4,03	55	46,3	$44,7 \pm 2,4$	$3,55 \pm 0,03$	$2,29 \pm 0,03$
SY Cas	4,07	96	50,9	$49,3 \pm 5,5$	$3,63 \pm 0,03$	$2,26 \pm 0,05$
Y Lac	4,32	34	56,0	$54,2 \pm 5,7$	$3,98 \pm 0,04$	$2,33 \pm 0,05$
V402 Cyg	4,36	85	47,9	$46,4 \pm 6,5$	$3,33 \pm 0,03$	$1,96 \pm 0,08$
V1154 Cyg	4,93	93	53,9	$52,5 \pm 4,8$	$3,22 \pm 0,03$	$2,01 \pm 0,06$
AS Per	4,97	44	54,1	$52,1 \pm 4,8$	$4,67 \pm 0,04$	$2,44 \pm 0,05$
BG Lac	5,33	84	50,7	$48,8 \pm 5,3$	$4,30 \pm 0,03$	$2,21 \pm 0,07$
RR Lac	6,42	192	63,9	$61,6 \pm 3,1$	$5,19 \pm 0,04$	$2,17 \pm 0,03$
BB Her	7,51	26	65,5	$63,0 \pm 4,7$	$5,62 \pm 0,21$	$2,11 \pm 0,05$
RS Ori	7,57	50	81,0	$78,1 \pm 4,9$	$6,60 \pm 0,17$	$2,12 \pm 0,03$
W Gem	7,91	60	66,9	$64,2 \pm 8,2$	$6,55 \pm 0,12$	$1,95 \pm 0,07$
GQ Ori	8,62	49	77,2	$73,8 \pm 3,5$	$7,43 \pm 0,41$	$2,01 \pm 0,03$
VX Per	10,89	62	95,7	$91,1 \pm 6,2$	$8,98 \pm 0,32$	$2,19 \pm 0,04$
AA Gem	11,30	90	93,5	$87,7 \pm 5,6$	$10,19 \pm 0,78$	$1,90 \pm 0,05$
RX Aur	11,62	45	96,1	$91,2 \pm 7,9$	$9,25 \pm 0,58$	$1,98 \pm 0,05$
TT Aql	13,75	60	100,5	$91,4 \pm 4,9$	$16,7 \pm 0,8$	$2,19 \pm 0,04$
SZ Cyg	15,11	48	106,8	$97,4 \pm 5,6$	$17,7 \pm 0,9$	$2,18 \pm 0,05$
SV Mon	15,23	192	111,6	$100,8 \pm 3,7$	$20,2 \pm 0,7$	$2,11 \pm 0,03$
CD Cyg	17,07	121	125,7	$113,8 \pm 4,1$	$22,7 \pm 1,3$	$2,13 \pm 0,03$
SV Vul	45,06	113	238,4	$216,5 \pm 6,8$	$50,5 \pm 3,6$	$2,11 \pm 0,03$

a est le coefficient de proportionnalité entre $10 \log T_e + CB$ et $B - V$ (Imbert 1987). En utilisant le déplacement

$$D(t) = -\alpha \sum_m Z_m(t)$$

on aura

$$V(t) = -5 \log [D(t) + R_c] - a(B - V)(t) + Q. \quad (1)$$

Pour chacune des époques des nbv observations de V et $B - V$ on calcule $D(t)$. On dispose ainsi de nbv équations dont les inconnues à trouver sont a , Q et R_c . Dans un premier calcul, on détermine une solution par moindres carrés en linéarisant l'Éq. (1). En négligeant $D(t)/R_c^2$ on est conduit à

$$V(t) = -2,1715 D(t)/R_c - a(B - V)(t) + Q'.$$

À partir de cette solution approchée, on détermine les vraies valeurs en résolvant par approximations successives les équations de la forme

$$V_{\text{obs}}(t) - V_{\text{app}}(t) = -\frac{2,1715}{R_c - D(t)} dR_c - (B - V)(t) da + dQ$$

où $V_{\text{obs}}(t) - V_{\text{app}}$ sont respectivement la vitesse observée et la vitesse calculée. Après la détermination de R_c il reste à formuler la différence entre le rayon moyen de l'étoile, R_o , et R_c . Le rayon moyen R_o est défini par

$$R_o = \frac{1}{P_0} \int_0^{P_0} R(t) dt + R_c.$$

Dans cette expression P_o correspond au mouvement de plus longue période. Nous avons montré (Imbert 1987), que pour un seul mouvement, avec les unités utilisée plus hauts,

$$R_o = 0,029636 e K P (1 - e^2)^{1/2} \sin \omega + R_c.$$

L'intégration étant linéaire, ce résultat se généralise facilement au cas de plusieurs mouvements. On a ainsi :

$$R_o = R_c + 0,029636 \sum_m e_m K_m P_m (1 - e_m^2)^{1/2} \sin \omega_m.$$

Pour la détermination des rayons, nous avons utilisé la photométrie UBV car, pour les étoiles mesurées, cette photométrie réalise le meilleur compromis entre la qualité des mesures et la proximité des observations avec nos mesures de vitesses radiales, condition essentielle pour ne pas biaiser les calculs par une éventuelle dérive de la période. De plus, pour la plupart de nos étoiles, le nombre de mesures dans les couleurs R , I , J ou K est très insuffisant pour la détermination des rayons. Les résultats de ces calculs figurent dans le tableau 3. Sur cet échantillon homogène mais partiel, car pour l'instant la zone de période 17 à 45 jours n'est pas encore couverte, nous avons calculé une relation linéaire liant $\log P$ et $\log R_o$.

$$\log R_o = 0,611 \pm 0,023 \log P + 1,296 \pm 0,022.$$

BL Her, d'un type particulier, n'a pas été considérée dans ce calcul. La relation entre $\log P$ et $\log R_o$ est représentée sur la Fig. 1. Ce résultat est très proche, notamment, de

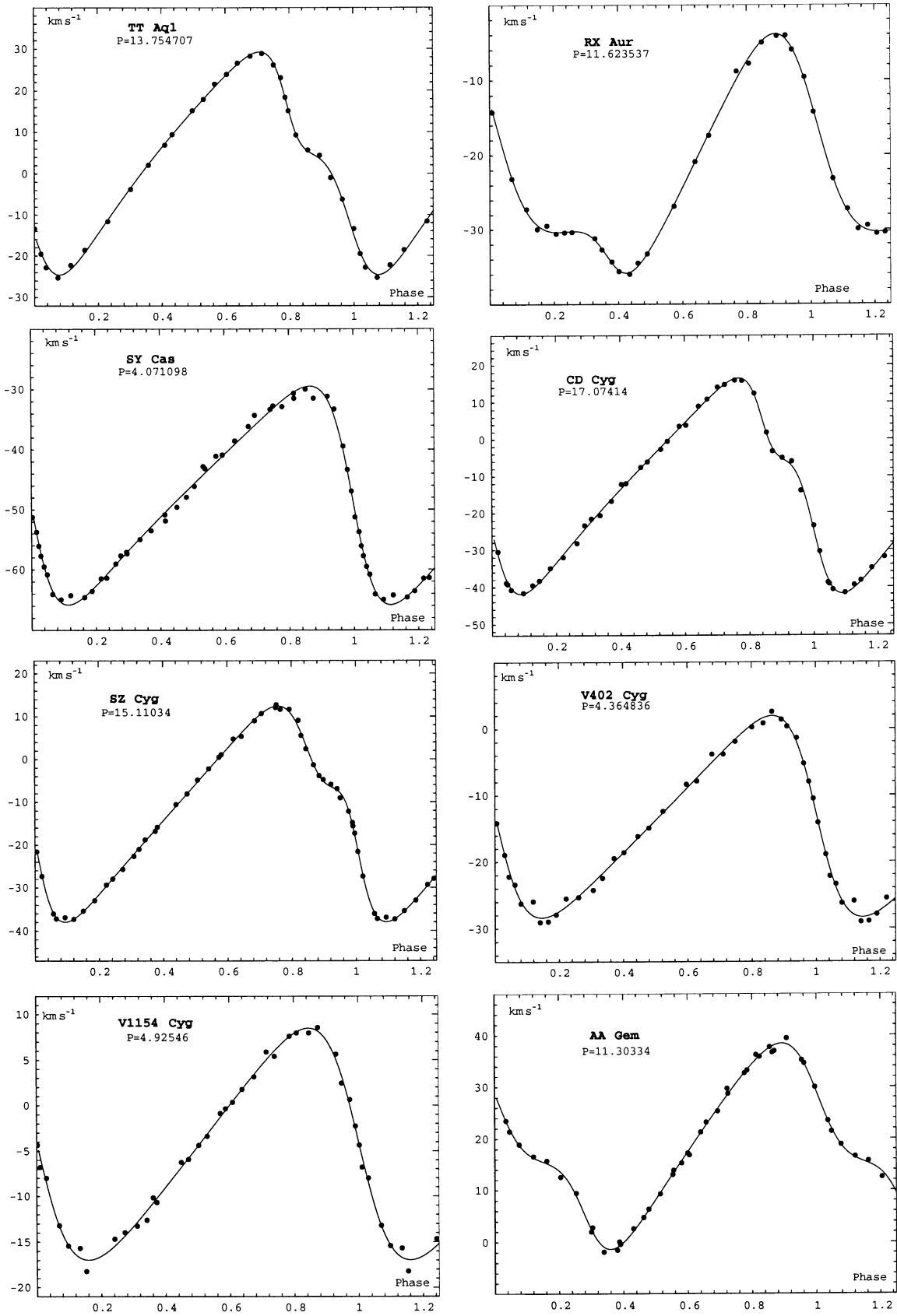


Fig. 2. Vitesses radiales et ajustement par mouvements képlériens fictifs de TT Aql, RX Aur, SY Cas, CD Cyg, SZ Cyg, V402 Cyg, V1154 Cyg et AA Gem

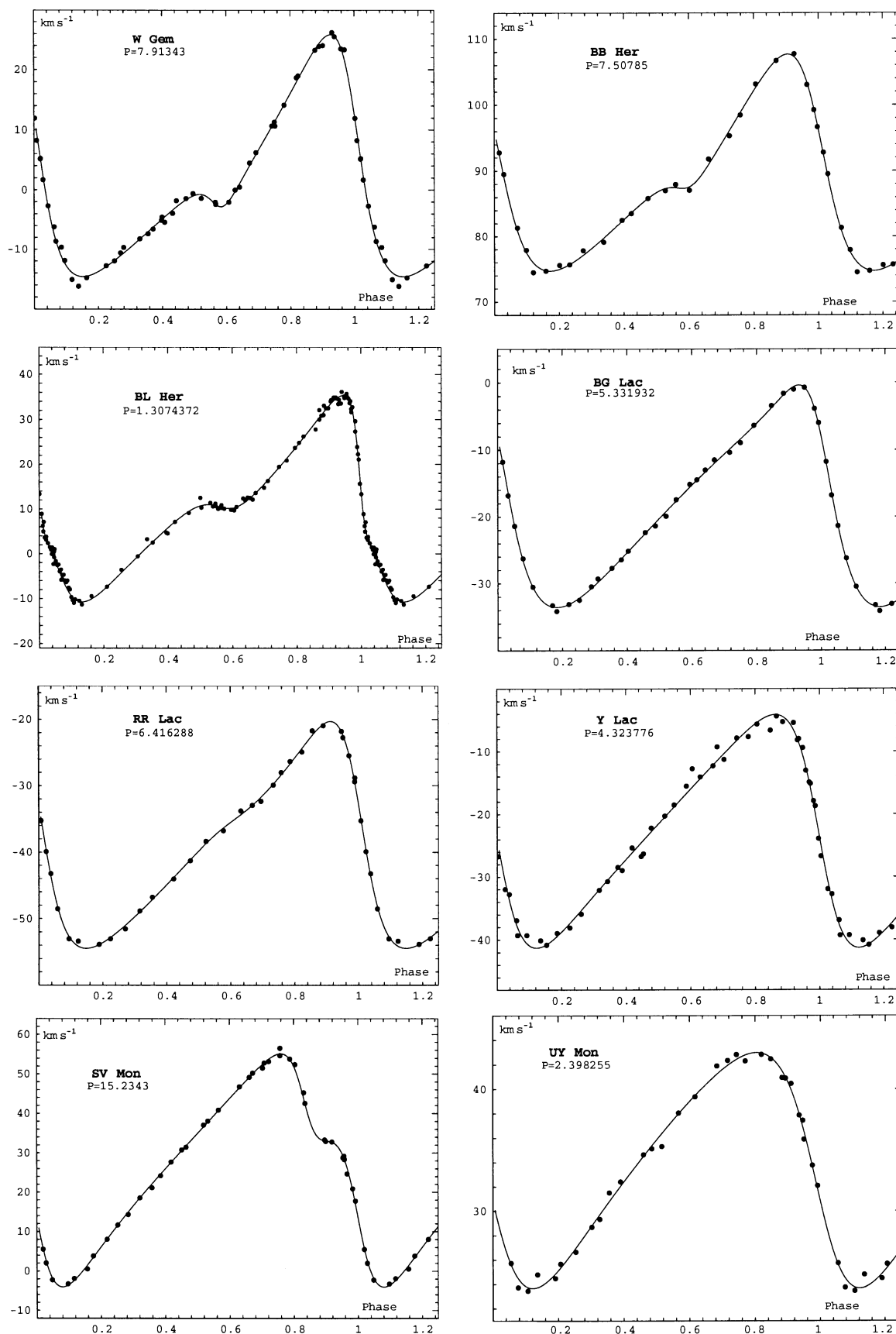


Fig. 3. Vitesses radiales et ajustement par mouvements képlériens fictifs de W Gem, BB Her, BL Her, BG Lac, RR Lac, Y Lac, SV Mon et UY Mon

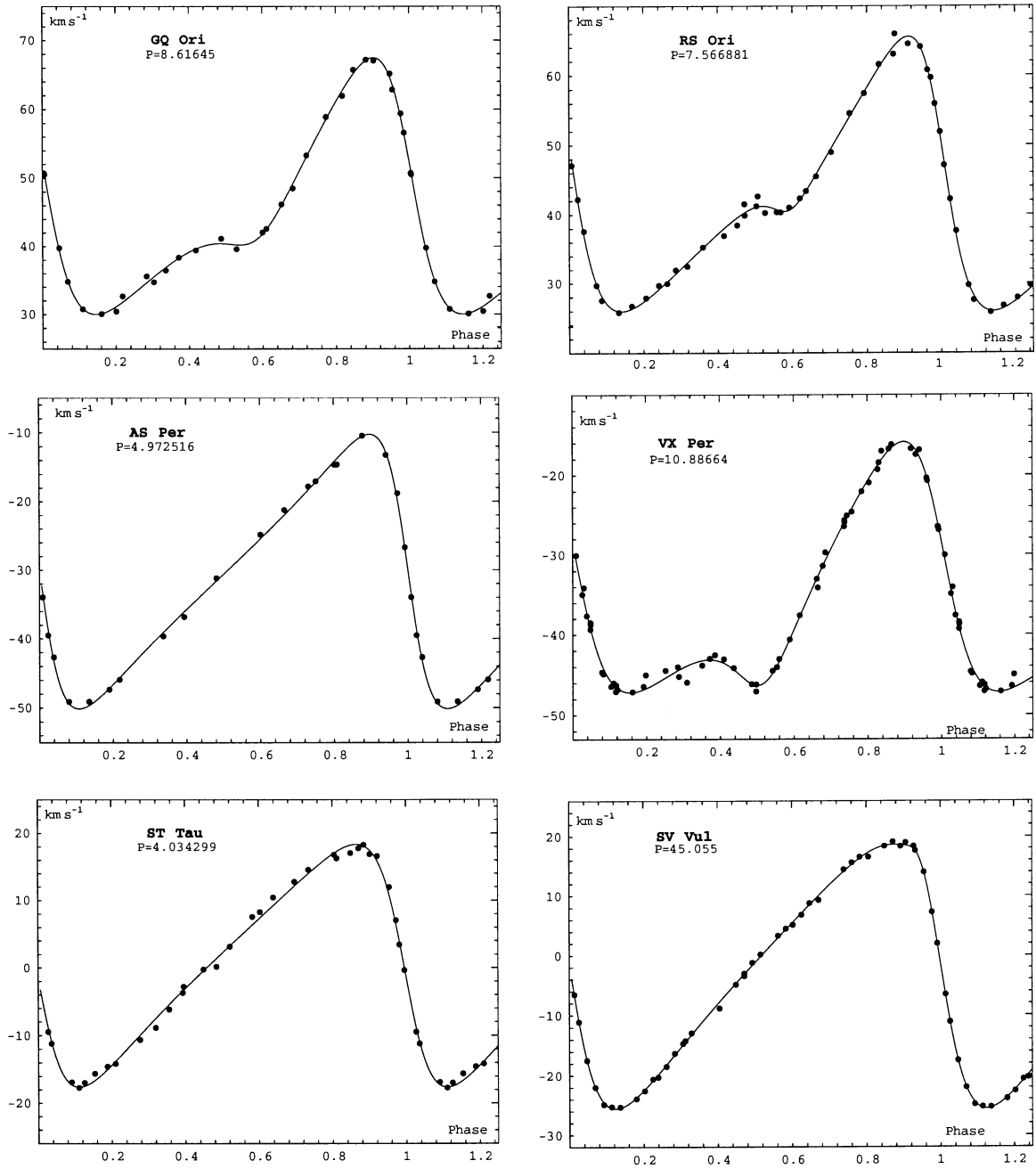


Fig. 4. Vitesses radiales et ajustement par mouvements képlériens fictifs de GQ Ori, RS Ori, AS Per, VX Per, ST Tau et SV Vul

celui obtenu, avec V et $B - V$ par Laney & Stobie (1995), qui donnent

$$\log R_o = 0,625 \pm 0,031 \log P + 1,198 \pm 0,010.$$

Cependant il y a désaccord avec les déterminations déduites d'autres couleur, notamment J et K . Il semble que les couleurs J et K soient moins sensibles aux effets de variations de gravité ou de microturbulence au cours de la pulsation. Laney & Stobie (1995) donnent une formule de correction au premier ordre pour tenir compte de la variation de gravité. Si nous appliquons ces corrections à

nos rayons nous déduisons la formulation suivante pour la relation période rayon :

$$\log R_o = 0,648 \pm 0,025 \log P + 1,298 \pm 0,022.$$

Les coefficients restent néanmoins assez différents de ceux de Laney et Stobie pour les couleurs J et K . Cette différence doit, sans doute, être attribuée aux autres effets non pris en compte, tels que microturbulence ou duplicité. On peut aussi se demander si avec les couleurs B et V , le coefficient de projection et l'assombrissement centre-bord ne varient pas de manière plus significative au cours de

la pulsation, et biaisent ainsi la détermination du rayon moyen.

5. Remarques individuelles

Sauf indication contraire la période retenue pour les calculs est celle de la photométrie donnée dans la base de Fernie et al. (1995). La période déterminée avec les vitesses radiales étant en accord avec cette valeur. Dans les cas où la période photométrique ne convient pas pour représenter nos vitesses radiales, nous avons déterminé celle-ci en laissant le paramètre P , libre dans le calcul des éléments. Les calculs ont été faits en utilisant les couleurs B et V dont les mesures sont plus nombreuses et plus homogènes que pour les autres indices de couleur. L'ajustement des observations de vitesses radiales est généralement fait avec un seul mouvement pour les périodes inférieures à 5 jours et avec deux mouvements pour les périodes plus longues que 5 jours. Dans tous les cas où plusieurs mouvements sont nécessaires, le meilleur ajustement est obtenu en donnant la même valeur de la période à tous les mouvements plutôt que des sous-multiples de celle-ci.

TT Aql. Deux mouvements de même période sont nécessaires pour représenter les observations de vitesses radiales. La photométrie utilisée est celle donnée par Berdnikov (1993, 1992b, 1992e).

RX Aur. Deux mouvements sont nécessaires à la représentation des observations de vitesses radiales. La photométrie est celle de Berdnikov (1986, 1992b).

SY Cas. Un seul mouvement suffit pour représenter les observations de vitesses radiales. La photométrie utilisée est celle donnée par Berdnikov (1992a, 1992b, 1992c).

SZ Cyg. Deux mouvements de même période représentent très bien les observations de vitesses radiales. La photométrie est celle de Berdnikov (1986, 1992b).

CD Cyg. Deux mouvements de même période représentent très bien les observations de vitesses radiales malgré l'insuffisance de mesures aux alentours du "bump". La photométrie utilisée est celle de Berdnikov (1986, 1992e, 1993).

V402 Cyg. Un seul mouvement est suffisant pour représenter les observations de vitesses radiales. La photométrie utilisée est celle donnée par Moffett & Barnes (1984) et Berdnikov (1992a, 1993).

V1154 Cyg. Un seul mouvement représente très bien les observations de vitesses radiales. La photométrie est celle de Berdnikov (1987, 1992c, 1993).

W Gem. La période utilisée est celle redéterminée avec nos vitesses radiales, $P = 7,913430 \pm 0,000036$ jours. Deux mouvements de même période sont nécessaires pour représenter les observations de vitesses radiales. La photométrie retenue est celle donnée par Szabados (1980), Moffett & Barnes (1984) et Kiss (1998).

AA Gem. Deux mouvements de même période représentent très bien les observations de vitesses radiales malgré la faible amplitude du "bump". La photométrie utilisée

est celle donnée par Moffett & Barnes (1984) et Berdnikov (1986, 1992b, 1992e).

BB Her. La période utilisée est celle déterminée avec nos vitesses radiales, $P = 7,507854 \pm 0,000078$ jours. Deux mouvements de même période représentent très bien les observations de vitesses radiales. La photométrie utilisée est celle de Berdnikov (1992a).

BL Her. Cette céphéide est d'un type particulier. Pour représenter correctement les observations nous avons utilisé trois mouvements de même période. Le calcul de la période, en utilisant uniquement les vitesses radiales nous a donné $P = 1,3074372 \pm 0,0000006$ jour. Les UBV utilisés sont ceux donnés par Moffett & Barnes (1984).

Y Lac. Un seul mouvement suffit pour représenter les observations de vitesses radiales. Cependant le O-C moyen des résidus laissé par cet ajustement ($1,12 \text{ km s}^{-1}$) est sensiblement plus grand que l'erreur moyenne sur la détermination des vitesses (0,75). L'ajout d'un deuxième mouvement n'améliore pas sensiblement l'ajustement. La photométrie utilisée est celle de Moffett & Barnes (1984).

RR Lac. La période utilisée est celle déterminée avec nos vitesses radiales, $P = 6,41629 \pm 0,00002$ jours. Les observations sont sensiblement mieux représentées par deux mouvements que par un seul. Le σ des résidus passant de $0,57$ à $0,39 \text{ km s}^{-1}$, si on utilise deux mouvements. La photométrie est celle de Berdnikov (1992a, 1992c, 1992d, 1992e, 1993) et Berdnikov & Voziakova (1995).

BG Lac. Dans un premier calcul, un seul mouvement a été utilisé pour l'ajustement, mais les observations sont mieux représentées par deux mouvements que par un seul. Le σ des résidus passant de $0,53$ à $0,34 \text{ km s}^{-1}$, si on utilise deux mouvements. La photométrie utilisée est celle donnée par Szabados (1980), Moffett & Barnes (1984), Berdnikov (1992a) et Berdnikov & Voziakova (1995).

SV Mon. La période photométrique donnée dans la base de Fernie et al. (1995), $15,23278$ jours, n'est pas satisfaisante pour nos observations de vitesses. Nous avons redéterminé sa valeur à $15,2343 \pm 0,0001$ jours. Deux mouvements de même période représentent très bien les observations de vitesses radiales. La photométrie utilisée est celle donnée par Szabados (1981), Moffett & Barnes (1984), Coulson & Caldwell (1985), Berdnikov (1986, 1992b, 1992e, 1993), Berdnikov & Yakubov (1993), Berdnikov & Turner (1995) et Berdnikov & Voziakova (1995).

UY Mon. La nature Céphéide de cette étoile a été démontrée dans un travail précédent (Imbert 1981b). Nous avons alors calculé une période $2,39813$ jours. La base de Fernie et al. mentionne $2,39797$, valeur qui ne représente pas correctement nos vitesses. Nous avons redéterminé cette période et avons obtenu $2,398255 \pm 0,000008$ jours, valeur en accord avec notre première détermination. Un seul mouvement suffit pour représenter les observations de vitesses radiales. La photométrie

utilisée est celle donnée par Berdnikov & Turner (1995) et Berdnikov & Voziakova (1995). L'erreur, relativement grande, sur le rayon est due au petit nombre de mesures *UBV* disponibles.

RS Ori. Deux mouvements de même période représentent très bien les observations de vitesses radiales. La photométrie utilisée est celle donnée par Moffett & Barnes (1984) et Szabados (1991).

GQ Ori. La période utilisée est celle déterminée avec nos vitesses radiales, $P = 8,61645 \pm 0,00007$ jours. Deux mouvements de même période sont nécessaires pour représenter les observations de vitesses radiales. La photométrie utilisée est celle de Moffett & Barnes (1984).

VX Per. La période utilisée est celle déterminée avec nos vitesses radiales, $P = 8,88662 \pm 0,00024$ jours. Cette valeur est sensiblement différente de celle de la base de Fernie et al. (10,88904). Deux mouvements de même période représentent très bien les observations de vitesses radiales. La photométrie retenue est celle donnée par Berdnikov (1987, 1992e), Berdnikov & Yakubov (1993).

AS Per. Un seul mouvement suffit pour représenter les observations de vitesses radiales. La photométrie utilisée est celle de Moffett & Barnes (1984).

ST Tau. Un seul mouvement suffit pour représenter les observations de vitesses radiales. La photométrie utilisée est celle de Moffett & Barnes (1984).

SV Vul. Le meilleur ajustement des vitesses radiales est obtenu avec deux mouvements. La période de Fernie et al. (1995), 44,944772 jours est différente de celle que nous avons déterminée à partir de nos vitesses. Nous avons obtenu $45,0548 \pm 0,0024$ jours. La photométrie utilisée est celle donnée par Moffett & Barnes (1984), Berdnikov (1986, 1987).

Remerciements. Quelques observations de vitesses radiales ont été obtenues grâce à la collaboration de C. Bardin et L. Prévot que je remercie cordialement.

Bibliographie

- Baranne A., Mayor M., Poncet J.L., 1979, *Vistas Astron.* 23, 279
- Bernikov L.N., 1986, *Variables Stars* 22, 369
- Bernikov L.N., 1987, *Variables Stars* 22, 530
- Bernikov L.N., 1992a, *Astron. Astrophys. Trans.* 2, 1
- Bernikov L.N., 1992b, *Astron. Astrophys. Trans.* 2, 43
- Bernikov L.N., 1992c, *Astron. Astrophys. Trans.* 2, 107
- Bernikov L.N., 1992d, *Astron. Astrophys. Trans.* 2, 157
- Bernikov L.N., 1992e, *Pis'ma Astron. J.* 18, 325
- Bernikov L.N., 1993, *Pis'ma Astron. J.* 19, 210
- Berdnikov L.N., Turner D.G., 1995, *Pis'ma Astron. J.* 21, 803
- Bernikov L.N., Voziakova O.V., 1995, *Pis'ma Astron. J.* 21, No. 5
- Berdnikov L.N., Yakubov S.D., 1993, *Variable Stars* 23, 47
- Binnendijk L., 1960, *Properties of double stars.* University of Pennsylvania Press
- Burki G., Mayor M., Benz W., 1982, *A&A* 109, 258
- Burki G., Benz W., 1982, *A&A* 115, 30
- Coulson I.M., Caldwell J.A.R., 1985, *SAAO Circ.* 9, 5
- Fernie J.D., Beattie B., Evans N.R., Seager S., 1995, *IBVS* 4148
- Imbert M., 1972, *A&A* 18, 267
- Imbert M., 1981a, *A&AS* 44, 319
- Imbert M., 1981b, *IBVS* 1983
- Imbert M., Andersen J., Ardeberg A., et al., 1985, *A&AS* 61, 259
- Imbert M., 1987, *A&A* 175, 30
- Imbert M., Andersen J., Ardeberg A., et al., 1989, *A&AS* 81, 339
- Imbert M., 1994, *A&AS* 105, 1
- Imbert M., 1996, *A&AS* 116, 497
- Kiss L.L., 1998, *MNRAS* 297, 825
- Laney C.D., Stobie R.S., 1995, *MNRAS* 274, 337
- Lehman-Filhes R., 1894, *Astron. Nachr.* 136, 17
- Moffett T.J., Barnes T.G., 1984, *ApJS* 55, 389
- Schlesinger F., 1908, *Allegh. Obs. Publ.* 1, 33
- Szabados L., 1980, *Commun. Konkoly Obs. Hung Acad. Sci., Budapest, No. 76*
- Szabados L., 1981, *Commun. Konkoly Obs. Hung Acad. Sci., Budapest, No. 77*
- Szabados L., 1991, *Commun. Konkoly Obs. Hung Acad. Sci., Budapest, No. 96*