

VARIATIONS PHOTOMÉTRIQUES D'ÉTOILES Ap AUSTRALES*

P. RENSON

Institut d'Astrophysique de l'Université de Liège, Cointe-Ougrée, Belgique

J. MANFROID

European Southern Observatory, Geneva, Switzerland

Received April 27, 1978

PHOTOMETRIC VARIATIONS OF SOUTHERN Ap STARS

Observations of HD 66255, 66605, 83368, 83625 and 96616, in the *uvby* system, led to deduce the respective periods 6^d8, 2^d22, 1^d43, 1^d08 and nearly 2^d5. On the other hand HD 94660 did not vary and HD 59256 showed only very weak variations, perhaps of erratic nature; at least the first of these two stars has probably a long period in regard to the time interval of the observations. When a period is found, the graph of the *y*, *b*, *v*, *u*, *b*−*y*, *m*₁ and *c*₁ variations vs. phase is given.

Key words: Ap stars – period – photometric variations

1. INTRODUCTION

Le problème de l'interprétation des variations photométriques, spectrographiques et magnétiques des étoiles Ap présente encore beaucoup de difficultés quel que soit le modèle adopté. Etant donné qu'elles montrent une grande diversité de comportements, il faut, pour avoir une base observationnelle adéquate, connaître les courbes de variations des différentes grandeurs et les relations de phase que celles-ci présentent entre elles, pour un nombre assez élevé de ces étoiles. Or la proportion d'étoiles Ap dont on connaît ne serait-ce que la période n'est pas grand: même pas une sur dix Ap connues. Particulièrement dans l'hémisphère sud, il y en a beaucoup, même très lumineuses, dont on ne connaît rien au sujet des variations. C'est donc une lacune à combler.

On sait que les variations de luminosité des Ap ne sont en général que de quelques centièmes de magnitude; les plus grandes valeurs jamais mesurées avec des filtres à bandes passantes intermédiaires (avec des filtres à bandes larges, on ne trouve que des valeurs plutôt moindres) ne dépassent guère 0,2 mag (Renson, 1978b). Néanmoins, commencer par les observations photométriques, pour déterminer les périodes, se justifie par le fait que ces mesures sont réalisables avec un instrument modeste, où il est plus facile d'obtenir du temps d'observation. Une ouverture de 50 cm permet au moins d'aller jusqu'à la magnitude 7.

Le présent travail concerne les résultats obtenus à partir d'observations photométriques d'étoiles australes faites en janvier et février 1977. Une de ces étoiles (47 G. Vel=HD 73340=HR 3413=Bertaud 451) a toutefois été considérée dans un article séparé (Renson *et al.* 1978) en raison de ce qu'elle avait déjà été observée par d'autres auteurs, notamment par voie spectrale; il n'en sera donc plus question ci-dessous.

2. OBSERVATIONS ET RÉDUCTIONS

La précision obtenue pour les périodes est évidemment d'autant meilleure que la base de temps sur laquelle se répartissent les observations est plus longue. C'est pourquoi la mission a été scindée en deux parties: du 26 janvier au 4 février 1977, soit 9 nuits, et du 14 au 21 février, soit 7 nuits.

* Article basé sur des observations faites à l'Observatoire européen austral (ESO) à La Silla, Chili.

Les mesures ont été faites par l'un de nous (J.M.) avec le photomètre à quatre canaux *uvby* attaché au télescope danois de 50 cm situé à l'observatoire européen austral (ESO) de La Silla, au Chili.

Pour chaque Ap, on a choisi deux étoiles de comparaison. Pour que la précision soit suffisante compte tenu de la faible amplitude des variations à mesurer, chaque observation consistait en trois mesures de l'étoile Ap et deux mesures de chaque étoile de comparaison suivant la séquence symétrique C_1 -Ap- C_2 -Ap- C_2 -Ap- C_1 , chaque mesure individuelle étant poursuivie jusqu'à un total de 500 000 impulsions pour chacun des quatre canaux.

Un programme de réduction des mesures différentielles a été mis au point (J.M.) sur les ordinateurs de La Silla. Il a notamment permis de trouver pendant l'interruption, quelles étaient les étoiles qui variaient suffisamment, de manière à concentrer sur celles-ci toutes les mesures de la seconde partie.

Grâce à des mesures d'étoiles standard et d'extinction, les valeurs obtenues ont pu être ramenées au système *uvby* standard, à l'aide de ce même programme. Les valeurs directement mesurées avec le photomètre utilisé correspondaient de toute façon à peu près à ce système, puisqu'on a seulement été amené à multiplier y , $b-y$, $v-b$, et $u-v$ respectivement par 1,00, 1,06, 0,98 et 1,00. Les différences de magnitudes considérées ci-après, notamment les Δy , Δb , ..., Δc_1 qui apparaissent sur les figures, sont les valeurs $\text{Ap} - (C_1 + C_2)/2$ ($\text{Ap} - C_2$ pour HD 66605, car son étoile de comparaison C_1 a été trouvée variable) prises dans ce système standard. La liste des étoiles de comparaison est donnée dans la table 1.

Les époques sont données en jours juliens héliocentriques.

Pour ne pas allonger l'article, les tables des résultats des mesures ne sont pas données ici, mais ont été envoyées au dépositaire de la Commission 27 de l'U.A.I., où on peut se les procurer (Bibliothécaire de la «Roy. Astron. Soc.», Burlington House, London W1, Angleterre).

Tous ces résultats ont été introduits dans le programme de recherche de périodes développé par l'un de nous, complété par les méthodes graphiques (Renson 1978a).

3. RÉSULTATS

3.1 93 G. Pup

(=HD 59256=HR 2863=Bertaud 705, type B9pSi) n'a montré que des variations très faibles, de l'ordre de 0,01 à 0,02 mag. C'est pourquoi les observations, au nombre de 26, n'ont été poursuivies que durant la première partie de la mission, soit neuf nuits. Une trentaine d'observations moins précises faites par A. Heck en décembre 1975 avaient d'ailleurs montré un comportement analogue. Ces variations, qui ne sont pas grandes par rapport aux erreurs de mesure, ne conduisent à aucune périodicité nette. Il s'agit probablement de fluctuations erratiques (ou peut-être quasi périodiques, car une période d'1,5 j apparaît légèrement au moins pour u) superposées à la variation générale dont la période serait longue. Cette période serait grande par rapport à un mois, car pas plus les observations de décembre 1975, dont la base de temps totale est de près de 27 j, que celles-ci ne montrent de différence entre les premières valeurs mesurées et les dernières.

Les moyennes des écarts par rapport à $(C_1 + C_2)/2$ ont été $\Delta y = -1,143$, $\Delta b = -1,090$, $\Delta v = -1,008$ et $\Delta u = -0,106$.

3.2 HR 3151

(=HD 66255=Bertaud 148, type A0pSi) a été observée 41 fois au cours de la mission. L'application de la méthode de recherche de la période à tous les résultats, qui montrent une variation relativement grande, conduit à

$$P = 6,82 \text{ j} \pm 0,04 \text{ j.}$$

Les différences de magnitudes sont portées à la figure 1 en fonction des phases calculées sur la base de cette période et avec pour origine J.J. 2443196,00, époque proche de la dernière observation et d'un maximum de luminosité. La variation est assez harmonique, avec toutefois un maximum un peu plus aigu que le minimum. De plus, la montée est un peu plus rapide que la décroissance pour y , b et v et au contraire légèrement plus lente pour u ; le maximum de u a lieu à peu près $0,04 P$ après ceux des autres couleurs. La variation est de 0,04 mag en y , b et v et de 0,08 mag en u . D'autre part, $b-y$ est presque constant et $v-b$ constant; m_1 varie peu aussi, tandis que $u-v$ et c_1 varient de 0,04 mag. On constate une inflexion dans la branche ascendante de la courbe de variation de c_1 .

3.3 HD 66605

(= Bertaud 149, type A0pSi) a présenté la difficulté que sa première étoile de comparaison, HD 65270 (B5), s'est révélée être variable: de l'ordre de 0,02 mag en y , b et v et un peu plus de 0,03 en u . Cette variation étant faible et celle de l'étoile observée assez grande pour une Ap, il a été possible de faire une détermination préliminaire de la période de HD 66605 sur la base des différences $Ap - (C_1 + C_2)/2$. Quand on trace alors les graphiques avec les différences $Ap - C_1$ et $Ap - C_2$, on trouve une plus grande dispersion dans le premier cas, ce qui prouve la variabilité de C_1 . La suite du travail a été faite avec les différences $Ap - C_2$ seules. (Une période probable de 0,85 j a ensuite été obtenue pour C_1). Le résultat est

$$P = 2,226 \text{ j} \pm 0,008 \text{ j.}$$

A la figure 2, les 33 valeurs de $Ap - C_2$ mesurées pour chaque couleur sont portées en fonction des phases calculées d'après cette période et avec J.J. 2443174,000 pour origine. La grandeur de la variation décroît de y (plus de 0,05 mag) à v (0,02 mag) et est de nouveau plus grande en u (0,07 mag), où le maximum est plus aigu que le minimum, comme pour y et b . En v , un maximum secondaire apparaît dans la partie ascendante; il y correspond en y et surtout en b , une inflexion dans la branche ascendante de la courbe. La variation de c_1 est grande et très harmonique; $b-y$ et surtout m_1 varient peu; $u-v$ varie beaucoup plus et plus ou moins en opposition de phase par rapport à $b-y$ et $v-b$.

3.4 HR 3831

(= HD 83368 = Bertaud 170, type A8pSr) a été observée 33 fois, mais une des mesures, qui présentait une même divergence dans les quatre couleurs, a été éliminée. La méthode de recherche de la période a donné la valeur

$$P = 1,428 \text{ j} \pm 0,005 \text{ j.}$$

La figure 3, où les différences de magnitudes sont portées en fonction des phases calculées suivant cette période et avec J.J. 2443181,000 pour origine, montre que y varie en sens opposé de v et u (avec un léger déphasage pour u) tandis que b ne varie pratiquement pas; la plus grande variation est celle de v (0,05 mag) et la plus petite, à part b , celle de y (moins de 0,02 mag). Il en résulte que $b-y$, $v-b$ et m_1 varient dans le même sens que v , tandis que $u-v$ et c_1 varient dans le sens opposé. Toutes les variations sont très harmoniques, sauf que pour b , m_1 et c_1 , la variation qui a lieu de la phase 0 à la phase 0,5 (avec l'origine choisie) est un peu plus rapide que le retour à l'extremum de la phase 0.

3.5 HD 83625

(= Bertaud 171, type A0pSi) a montré, par les 30 observations qui en ont été faites, une période très proche d'1 j. L'application toujours de la même méthode de recherche de la période a conduit à la valeur

$$P = 1,080 \text{ j} \pm 0,004 \text{ j.}$$

Les mesures sont portées à la figure 4 en fonction des phases calculées suivant cette période et avec pour origine J.J. 2443185,000, époque proche d'un minimum de luminosité. Les quatre couleurs varient en phase et de manières remarquablement semblables, alors que pour beaucoup d'étoiles Ap ces variations sont très différentes, avec parfois même des oppositions de phase ou au moins d'appréciables différences d'amplitudes. La seule différence marquante ici consiste en une luminosité en u relativement un peu plus élevée aux alentours de la phase 0,4, ce qui ramène le maximum près de cette phase, alors qu'il se situe vers la phase 0,6 dans les autres couleurs. Une conséquence de ce que les allures et les amplitudes de variations sont très voisines dans les différentes couleurs est que les indices $b-y$, ..., c_1 varient assez peu.

L'apparence de petit minimum secondaire superposé à la variation générale juste après la phase 0,6 n'est peut-être pas due simplement à des erreurs de mesure. On voit sur la figure qu'une variation très rapide à cet endroit apparaît aussi pour les indices. Etant donné qu'elle affecte au moins deux observations, elle est probablement réelle et elle pose alors un problème d'interprétation.

3.6 235 G. Vel

(=HD 94660=HR 4263=Bertaud 550, type A0pSi) n'a pas montré de variation significative durant la première partie de la mission, soit 9 nuits (intervalle de 8,032 j, 19 observations). C'est pourquoi cette étoile n'a pas été observée durant la seconde partie. Il s'agit vraisemblablement d'une Ap de période longue. La variation observée durant 8 nuits en février 1975 (Heck *et al.* 1976) ne dépassait pas non plus les limites d'erreur.

Les écarts par rapport à $(C_1 + C_2)/2$ ont été en moyenne $\Delta y = -0,233$, $\Delta b = -0,397$, $\Delta v = -0,498$ et $\Delta u = -0,742$.

3.7 4 G. Cen

(=HD 96616=HR 4327=Bertaud 180, type A4pSr) dont une seule observation a été faite lors de la première partie de la mission, a été observée 12 fois lors de la seconde partie (en remplacement de l'étoile précédente, abandonnée pour cette seconde partie). Le plus petit nombre de mesures et surtout la plus petite base de temps entraînent une erreur relative plus grande sur P (la seule mesure faite pendant la première partie de la mission se situe au minimum, qui est très plat, de sorte que cette époque n'aide pas pour préciser la valeur de P). On trouve

$$P = 2,46 \text{ j} \pm 0,03 \text{ j.}$$

La figure 5, où les 13 mesures sont portées en fonction des phases calculées avec cette période à partir de J.J. 2443177,50, époque proche d'un maximum de luminosité, montre que les quatre couleurs varient en phase et ont un minimum très plat, avec même une légère tendance à un maximum secondaire. La variation est la plus grande en u (environ 0,075 mag) et la plus petite en v (0,02 mag).

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient l'ESO pour le temps d'observation accordé au télescope danois, au cours duquel les observations utilisées ont été faites.

BIBLIOGRAPHIE

Heck, A., Manfroid, J. et Renson, P.: 1976, *Astron. Astrophys. Suppl.* **25**, 143.
Renson, P.: 1978a, *Astron. Astrophys.* **63**, 125.
Renson, P.: 1978b, *Astron. Astrophys.*, sous presse.
Renson, P., Manfroid, J. et Heck, A.: 1978, *Astron. Astrophys. Suppl.* **31**, 199.

P. Renson

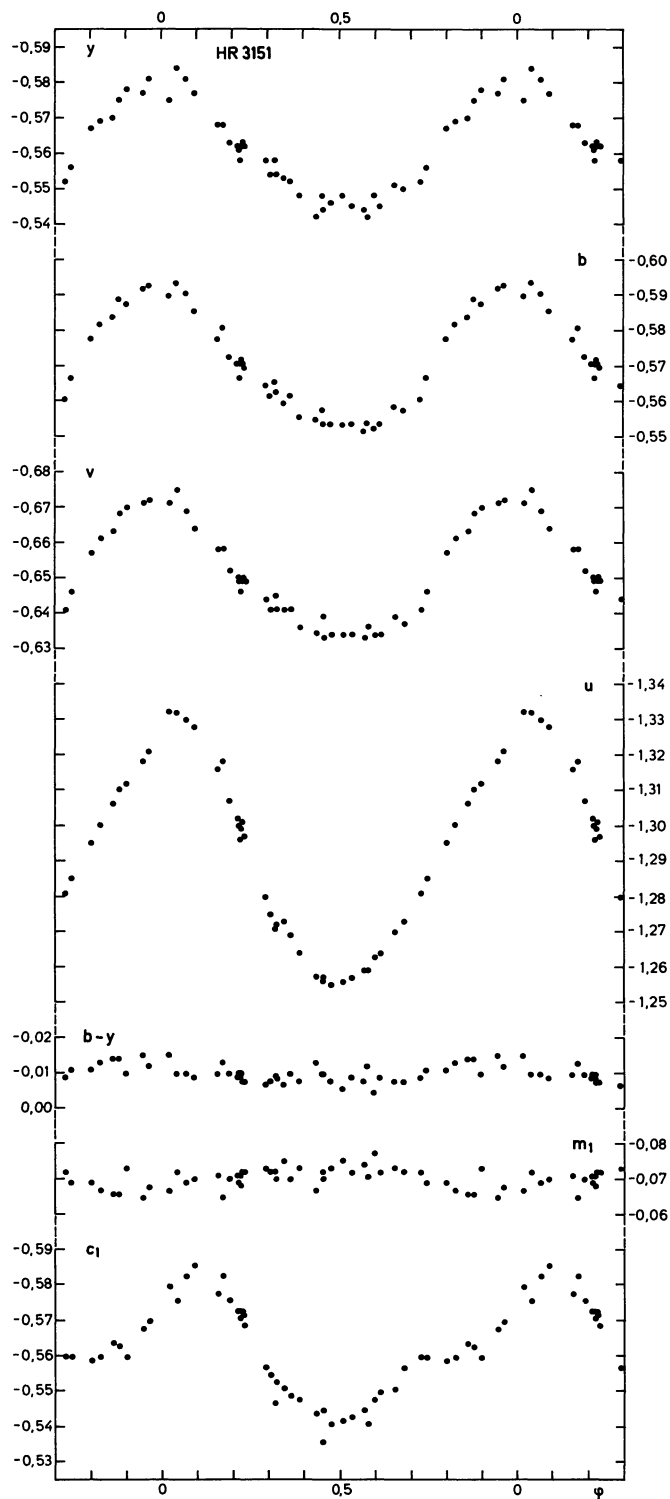
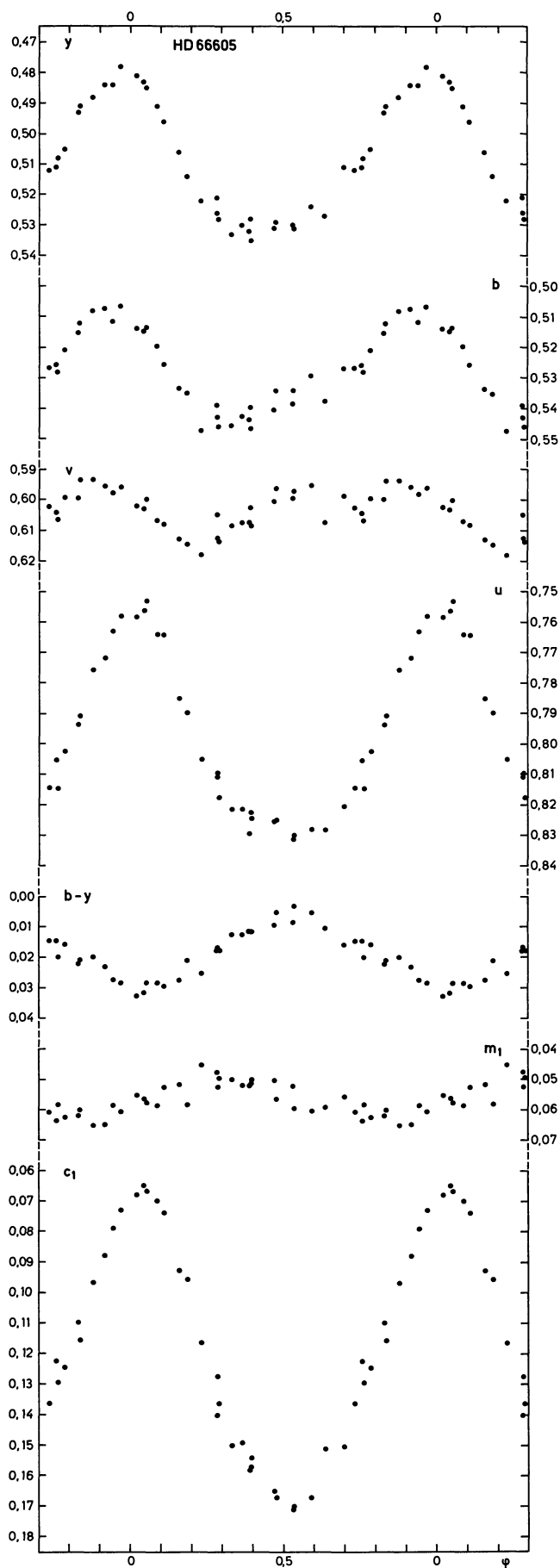
J. Manfroid

Institut d'Astrophysique de l'Université de Liège
Avenue de Cointe 5
B-4200 Cointe-Ougrée (Belgium)

European Southern Observatory
T.P.
CH-1211 Genève 23 (Switzerland)

Table 1 Etoiles observées et étoiles de comparaison respectives

Etoile Ap	C ₁	C ₂
HD 59 256=93 G.Pup	HD 58 325	HD 58 377
HD 66 255=HR 3151	HD 66 210	HD 66 192
HD 66 605	HD 65 270	HD 65 211
HD 83 368=HR 3831	HD 82 578	HD 84 552
HD 83 625	HD 82 856	HD 84 228
HD 94 660=235 G.Vel	HD 93 453	HD 94 724
HD 96 616=4 G.Cen	HD 98 176	HD 95 370

Figure 1 Variations de HD 66 255 = HR 3151 avec $P = 6,82$ j.Figure 2 Variations de HD 66 605 avec $P = 2,226$ j.

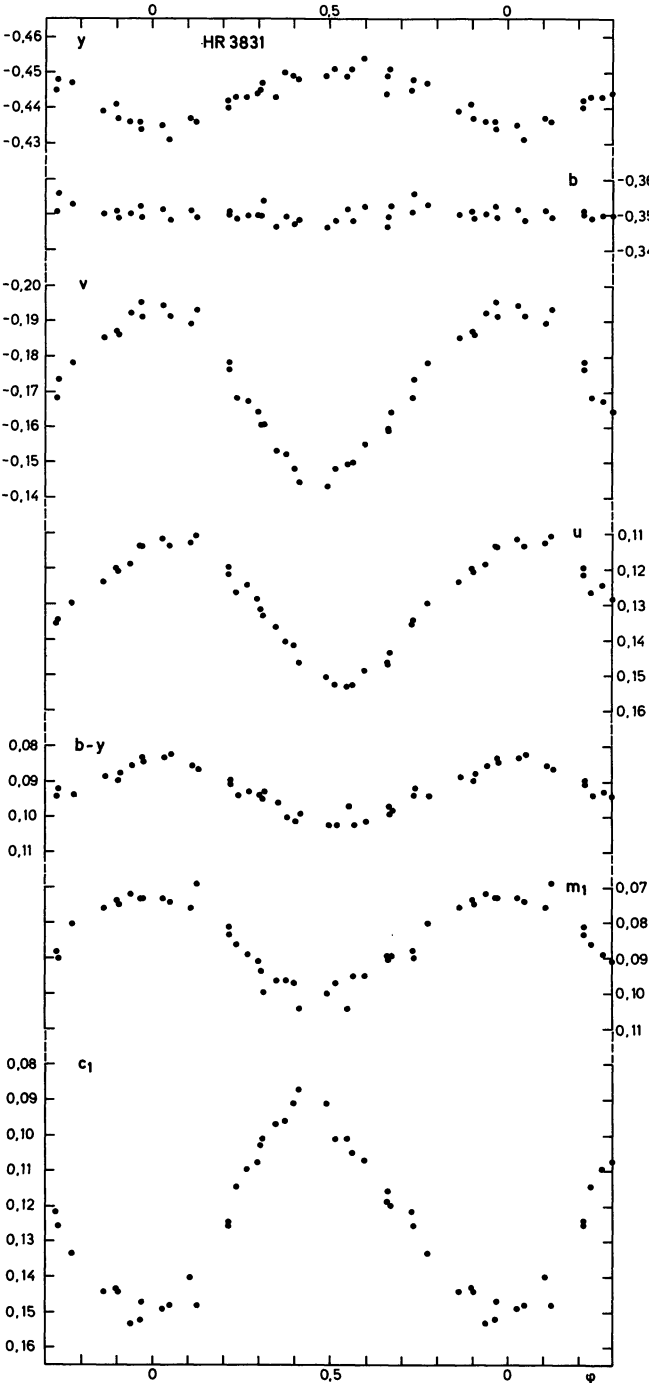


Figure 3 Variations de HD 83 368 = HR 3831 avec $P = 1,428$ j.

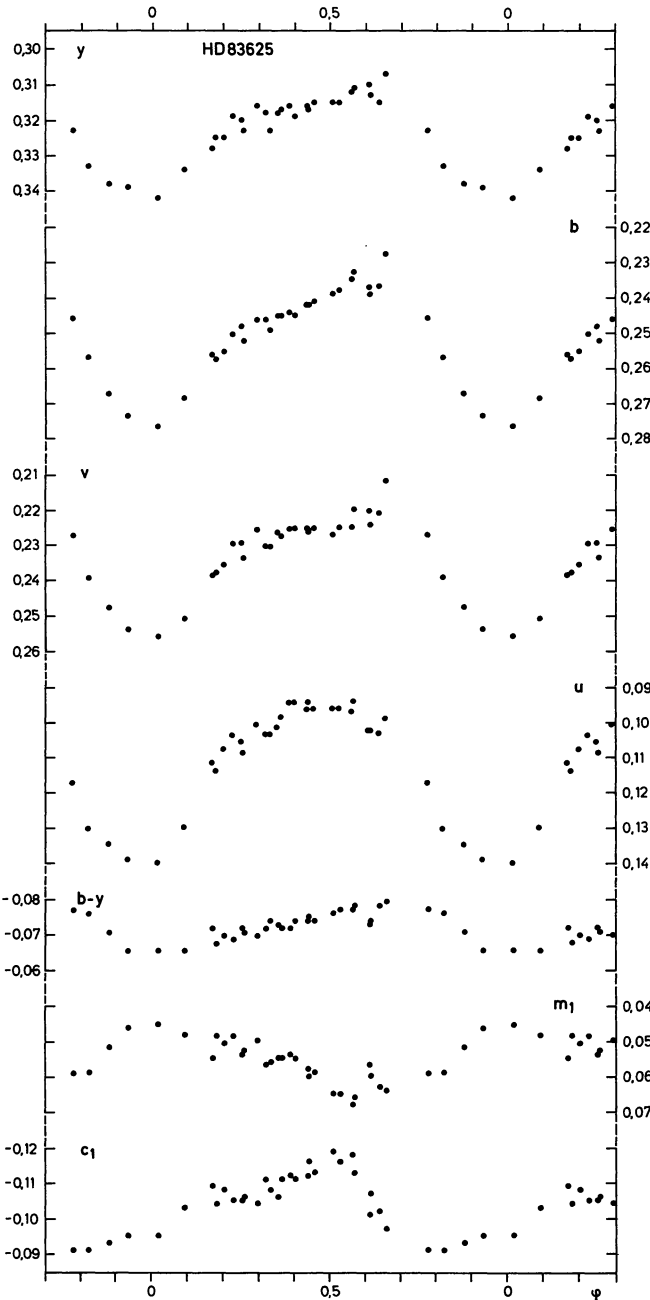


Figure 4 Variations de HD 83 625 avec $P = 1,080$ j.

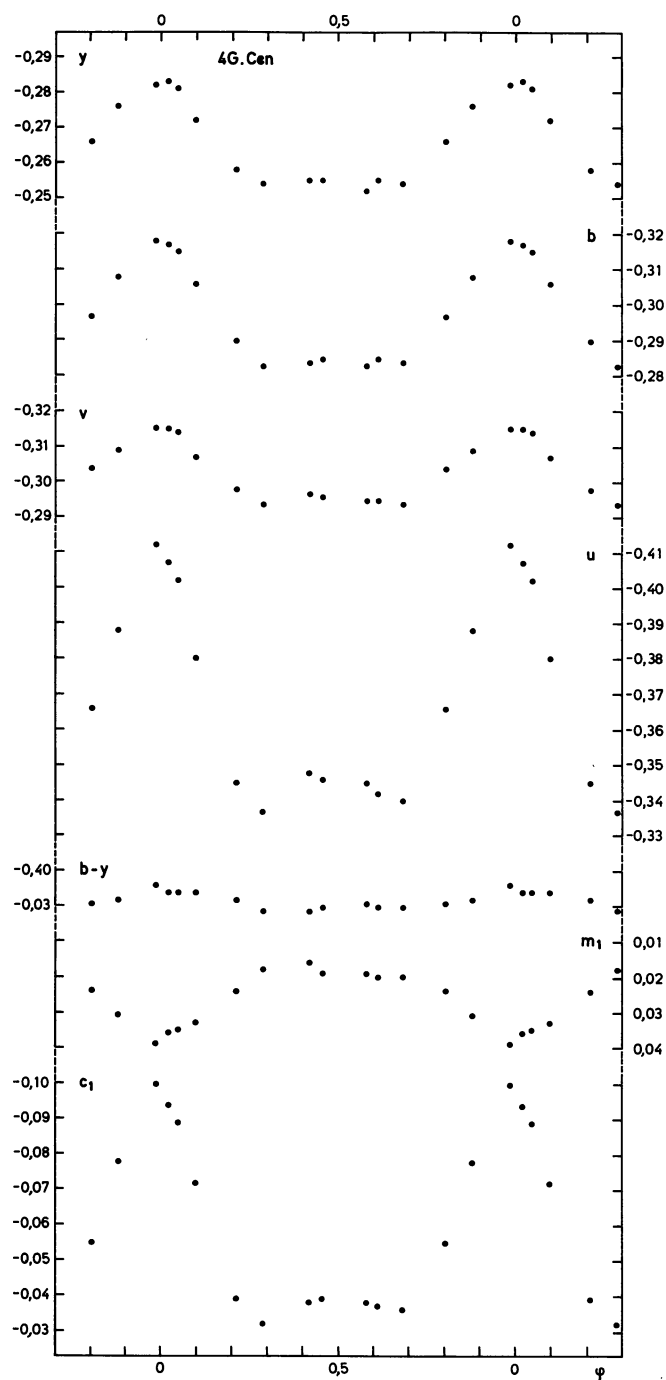


Figure 5 Variations de HD 96 616 = 4 G. Cen avec $P = 2,46$ j.