

RESULTATS DE LA PREMIERE CAMPAGNE FRANCO-ITALIENNE
D'OBSERVATIONS D'ETOILES VARIABLES (ETE 1974)

II. COURBE DE LUMIERE DE OP HERCULIS

ABSTRACT - OP Her is a variable star, visual range 6.0 - 6.6, spectrum M5, classified as an Lb in the 3rd edition of the General Catalogue of Variable Stars (1969). With about 20 visual estimates per night during three months, OP Her was the most observed star of the French-Italian campaign of the summer 1974.

The method of studying the measurements was given in the first paper of this series (Figer, 1975). A FORTRAN computer program, perfected by N. Mauron, was used for an iterative calculation of the weighted means.

The results of iterative procedure show a very strong convergence of the parameters taken into account in the study and justify stopping the calculations after the second iteration.

The variation of brightness of OP Her (fig. 3) has reached 0.4 mag during the period of observation. The very weak scatter of the mean points around a light curve showing a slow variation with a large range makes us think that a theoretical precision of ± 0.015 to ± 0.03 mag has been definitely reached.

A comparison with the photoelectric measurements of L. Baldinelli confirms that the precision of visual means was better than ± 0.04 mag (standard deviation ≤ 0.02) and probably better than the precision of photoelectric measurements themselves (standard deviation about 0.03 mag).

Coming after the results obtained on V 449 Cyg, this study confirms the validity of the process followed for the treatment of visual estimates.

RIASSUNTO - OP Her è una variabile fra le magnitudini visuali 6.0 e 6.6, di spettro M5, classificata come Lb nella 3ª edizione del GCVS. Avendo raccolto circa 20 stime per sera durante i 3 mesi della campagna italo-francese dell'estate '74, OP Her ne è risultata la più osservata.

Il trattamento delle stime è stato effettuato conformemente al metodo che è stato esposto in dettaglio nel primo articolo della serie (Figer, 1975). Un programma FORTRAN al calcolatore, messo a punto da N. Mauron, è stato utilizzato per il calcolo iterativo delle medie pesate. L'esame delle iterazioni da 0 a 4 mostra che la convergenza dei parametri usati nello studio è molto rapida e ciò giustifica l'arresto dei calcoli alla 2ª iterazione.

La variazione di luminosità di OP Her (fig. 3) ha raggiunto 0.4 mag. durante il periodo osservativo. La dispersione molto debole dei punti medi attorno alla curva a variazione lenta e di grande ampiezza fa pensare che la precisione teorica da ± 0.015 a ± 0.03 mag. (secondo i pesi delle medie) è stata effettivamente raggiunta.

Il confronto con le misure fotoelettriche di L. Baldinelli conferma che la precisione delle misure visuali è stata migliore di ± 0.04 mag. ($\sigma \leq 0.02$) e di fatto migliore di quella delle misure fotoelettriche stesse ($\sigma \neq 0.03$).

Tenuto anche conto dei risultati già ottenuti su V 449 Cyg, questo studio conferma la validità dei principi seguiti per il trattamento delle misure visuali.

1. INTRODUCTION

OP Herculis, HD 163 990, est une étoile variable de magnitude visuelle 6.0 à 6.6, de spectre M5, classée Lb (irrégulière lente) dans la 3ª édition du catalogue de Kukarkin (GCVS 1969).

Située au centre d'un petit astérisme facilement reconnaissable, objet idéal pour l'observation visuelle aux jumelles ou à la lunette, OP Her a été l'étoile-vedette de la campagne franco-italienne de l'été 1974, en recueillant 1774 mesures soit une moyenne d'une vingtaine par soirée.

La figure 1 permet d'identifier OP Her et les repères qui ont servi aux estimations d'éclat. Le tableau 1 donne quelques renseignements sur chacun des 4 repères.

Note sur le choix des repères :

En raison de son type spectral B9, le repère B était particulièrement contre-indiqué pour figurer dans une séquence de comparaison destinée à une étoile variable rouge. Il y avait toutefois

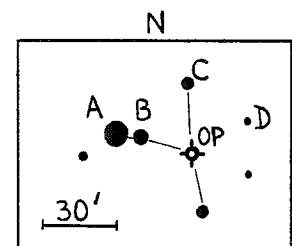


Fig. 1 Champ de OP Her

été maintenu à titre expérimental pour qu'il soit possible d'établir une comparaison entre la précision des mesures obtenues, pendant la campagne, sur V 449 Cyg (étoiles de comparaison de même type spectral) et sur OP Her (étoiles de comparaison de type spectral très différent).

REPERES	NUMERO HD	COORDONNEES 1950		MAGNITUDES			SPECTRE	CATALOGUE
		α	δ	V	B	U		
A	164 646	17h 58.5	+45° 30'	5.70	7.27	9.22	M0	USNOC USNOC Genève
				5.63	7.21	9.10		
				5.59	7.15	8.99		
B	164 429	17h 57.4	+45° 29'	6.44	6.38	6.21	B9	USNOC Genève
				6.48	6.40	6.20		
C	164 059	17h 55.7	+45° 52'	6.7	7.3		F5	CSI
D	163 589	17h 53.2	+45° 34'	8.1	8.7		G5	CSI

Tableau 1 . Repères de OP Her .

Cette comparaison sera discutée dans un article ultérieur.

2. TRAITEMENT DES MESURES

Le traitement des mesures a été effectué conformément à la méthode qui a été exposée en détail dans le premier article de cette série consacrée aux résultats de la campagne franco-italienne (Figer, 1975).

2.1 Séquences Personnelles

Pour 37 observateurs, sur un total de 81, il a été possible de calculer les séquences personnelles (voir colonnes correspondantes du tableau 2). Ces séquences ont été ajustées sur la séquence visuelle A = 5.8 B = 6.4 C = 6.6 D = 7.2 qui nous a paru plus homogène que les valeurs photoélectriques du tableau 1, issues de sources différentes. Les magnitudes V et B du repère D, tirées du CSI, semblent même particulièrement suspectes.

La "séquence visuelle moyenne", moyenne arithmétique des séquences personnelles, est la suivante: A = 5.83 B = 6.36 C = 6.65 D = 7.18 . C'est cette séquence qui a servi au calcul des magnitudes pour les observateurs ne disposant pas d'une séquence personnelle.

2.2 Calcul itératif des moyennes pondérées

Le calcul numérique des séquences personnelles est immédiat au moyen d'une calculatrice de poche qui possède la régression linéaire préprogrammée (type HP 55 notamment). Le calcul des magnitudes est également très rapide avec une calculatrice HP programmable.

Par contre, il est difficilement envisageable d'entreprendre - même avec l'aide d'une calculatrice de poche très performante - le calcul itératif des moyennes pondérées, car l'expérience de V 449 Cyg nous a appris qu'il fallait compter, avec une HP 21 par exemple, un minimum de 50 heures de calcul par millier de mesures.

Nous avons donc utilisé, pour cette phase de l'étude, un programme FORTRAN de calcul sur ordinateur. Ce programme "ALCEP" a été mis au point par N. Mauron et est utilisable, avec ou sans compositage, donc quel que soit le type de variation de l'étoile.

L'intérêt de réserver l'usage de l'ordinateur à cette phase du traitement des mesures est de minimiser le nombre de cartes à perforer puisqu'il n'est plus nécessaire d'entrer en données les comparaisons originales mais seulement les magnitudes déduites. ALCEP accepte ainsi une dizaine de mesures par carte.

ALCEP a été testé une première fois sur un échantillon de 300 mesures de V 449 Cyg et une seconde fois, en vraie grandeur, sur OP Her. La comparaison avec les calculs manuels de Figer (V 449 Cyg) et de Rémis (OP Her) a permis de conclure que le programme était opérationnel.

Le programme ALCEP effectue principalement les opérations suivantes :

- moyennes brutes, par tranches, des magnitudes observées
- positionnement point par point de ces moyennes sur un graphe (courbe brute)
- lissage de la courbe brute par calcul du développement en série de Fourier :

$$m = a_0 + \sum_{k=1}^n \left(a_k \cos \frac{2k\pi t}{2n+1} + b_k \sin \frac{2k\pi t}{2n+1} \right)$$

Dans cette formule, m est la magnitude et t le temps ; les a_k et les b_k sont les coefficients de Fourier. Leur nombre, égal à $2n+1$, est laissé à l'initiative de l'utilisateur du programme.

- tracé de la courbe de lumière lissée
- pour chaque série, calcul des écarts à la courbe lissée, calcul du décalage systématique Δm_i et de l'écart-type σ_i ; élimination éventuelle des mesures de la série situées au-delà de $3\sigma_i$.
- calcul des pondérations $1/\sigma_i^2$, avec limitation à 600 du coefficient de pondération maximal (voir remarque)
- calcul des moyennes pondérées
- itération

Remarque sur la limitation du coefficient de pondération :

La pondération en $1/\sigma^2$ suppose une distribution gaussienne des erreurs de mesure et une estimation satisfaisante des écarts-types. Ces deux conditions sont pratiquement réunies pour toute série dépassant une douzaine de mesures effectuées sur une durée de plusieurs semaines.

Lorsque ces conditions ne sont pas réunies, le processus itératif pourrait conduire à des résultats erronés dans le cas où σ est accidentellement faible. On peut ainsi imaginer un observateur qui répèterait par suggestion la même mesure, et qui aurait malencontreusement concentré toutes ses mesures pendant un intervalle de temps où l'étoile a peu varié : il se verrait crédité d'un excellent σ à l'itération 0. Son poids devenant prépondérant au cours de l'itération, il "fixerait" définitivement la courbe sur ses propres mesures. Pour éviter un phénomène de ce genre, dont la probabilité d'apparition est faible, nous avons admis une limitation du coefficient de pondération. Pour OP Her, cette limite a été fixée arbitrairement à 600 et correspond à un écart-type de l'ordre de 0.04 mag. Notons que 3 séries seulement, celles de MRN, STI, CMP, ont ainsi vu leur poids limité à 600.

3. RESULTATS

3.1 Ecart-types et Moyennes pondérées

Les résultats des calculs sur ordinateur ont été consignés dans les tableaux 2, 3 et 4. Le tableau 2 récapitule, pour chacune des 83 séries : le nom de l'observateur, son sigle, l'instrument utilisé, le nombre de mesures ayant servi au calcul de la séquence personnelle, la séquence personnelle, le nombre de mesures effectuées pendant la campagne, les valeurs successives du décalage systématique (itération 0 à 4) et celles correspondantes de l'écart-type. Aucune mesure ne s'est trouvée à plus de 3σ .

Les valeurs successives des moyennes pondérées, calculées sur des tranches de 3 jours, sont portées au tableau 3. Pour chaque itération, on donne successivement : la moyenne pondérée (ou la moyenne brute, à l'itération 0). La dernière colonne du tableau indique la précision théorique de la moyenne, précision calculée au moyen de l'abaque donné dans le premier article de la série pour V449 Cyg.

OBSERVATEURS			SEQUENCES PERSONNELLES				DECALAGES SYSTEMATIQUES								ET ECARTS - TYPES				
Nom	Stg	Inst.	nombre mesures	Degré	A	B	C	D	nombre mesures	Δm 0	Δm 1	Δm 2	Δm 3	Δm 4	σ 0	σ 1	σ 2	σ 3	σ 4
Ph	RAL	J 50 ^E	7 1	0.087		6.36	6.67	7.17	4 9	-0.042	-0.015	-0.014	-0.014	-0.014	0.053	0.046	0.045	0.045	0.045
C.	PEZAROSSA	J 50 ^W	7 2	0.096		6.35	6.69	7.16	7 3	0.202	0.200	0.201	0.201	0.201	0.051	0.044	0.043	0.043	0.042
J.	REMIS	L 50	6 1	0.090	5.79	6.35	6.65	7.17	6 1	-0.000	0.002	0.004	0.004	0.004	0.097	0.093	0.092	0.092	0.092
M.	MARCELIN	J 30	4 8	0.083		6.36	6.66	7.18	5 8	0.113	0.119	0.122	0.124	0.125	0.068	0.069	0.069	0.070	0.070
N.	MAURON	J 30	5 0	0.100		6.34	6.70	7.15	4 9	-0.036	-0.036	-0.035	-0.035	-0.035	0.084	0.079	0.079	0.078	0.078
Th.	ROUDIER	L 4 3	8 9	0.083	5.81	6.42	6.56	7.21	4 8	0.023	0.027	0.029	0.030	0.030	0.059	0.052	0.052	0.052	0.052
N.	SOUBRIER	J 50	4 7	0.022		6.43	6.57	7.21	4 4	0.068	0.072	0.075	0.077	0.078	0.057	0.051	0.050	0.051	0.051
G.	BIANUCCI	J 26	2 4	0.064		6.36	6.67	7.17	4 3	-0.070	-0.062	-0.059	-0.058	-0.057	0.054	0.052	0.052	0.051	0.051
B.	LAMARE	J 40	4 6	0.073	5.84	6.31	6.65	7.15	4 0	-0.092	-0.087	-0.084	-0.082	-0.082	0.084	0.088	0.089	0.089	0.089
A.	FIGER	J 30	5 7	0.073		6.36	6.66	7.18	2 4	0.144	0.120	0.124	0.126	0.127	0.136	0.138	0.139	0.140	0.140
R.	ROLLAND	L 60	3 3	0.091		6.36	6.66	7.18	1 3	-0.074	-0.063	-0.060	-0.059	-0.059	0.155	0.171	0.171	0.171	0.171
A.	MAROT	J 50	2 8	0.106	5.89	6.28	6.66	7.26	3 6	0.155	0.156	0.157	0.158	0.158	0.059	0.058	0.059	0.058	0.058
C.	ROMOLI	L 85	2 6	0.102		6.36	6.67	7.26	3 5	0.065	0.060	0.057	0.056	0.056	0.128	0.132	0.134	0.135	0.136
Ch.	PIEDNOIR	J 50	4 3	0.129	5.83	6.33	6.63	7.21	3 4	0.102	0.102	0.104	0.104	0.104	0.043	0.027	0.025	0.025	0.025
L.	MAURIN	J 50	2 8	0.095		6.35	6.69	7.16	3 3	-0.020	-0.018	-0.016	-0.014	-0.013	0.233	0.231	0.231	0.231	0.230
P.	ARESI	L 60	2 5	0.134		6.38	6.63	7.19	3 3	-0.036	-0.041	-0.040	-0.039	-0.039	0.124	0.124	0.124	0.121	0.120
H.	FULLE	L 70	2 8	0.110		6.36	6.67	7.16	3 0	0.124	0.127	0.129	0.130	0.131	0.066	0.066	0.067	0.067	0.067
G.	RACINOX	J 50	2 8	0.095	5.83	6.33	6.63	7.21	3 0	-0.000	-0.004	-0.002	-0.002	-0.002	0.140	0.136	0.136	0.136	0.136
U.	GAETANI	J 50	2 6	0.102		6.36	6.67	7.16	2 8	-0.455	-0.456	-0.454	-0.454	-0.454	0.190	0.197	0.199	0.199	0.199
R.	PAOLETTI	L 60	4 3	0.129	5.89	6.38	6.63	7.19	2 6	-0.233	-0.233	-0.233	-0.233	-0.233	0.086	0.085	0.086	0.086	0.086
P.	BICCI	J 50	2 5	0.095		6.33	6.63	7.21	2 5	-0.159	-0.156	-0.154	-0.153	-0.153	0.127	0.129	0.130	0.130	0.130
M.	MOREL	J 40	2 5	0.110		6.38	6.63	7.19	2 5	-0.203	-0.201	-0.198	-0.196	-0.195	0.162	0.170	0.171	0.172	0.172
A.	SCARSELLA	J 50	2 5	0.095	5.83	6.33	6.63	7.21	2 5	-0.173	-0.172	-0.170	-0.169	-0.169	0.192	0.197	0.199	0.198	0.198
G.	TROISPOUX	L 68	1 4	0.134		6.35	6.69	7.16	2 4	-0.137	-0.143	-0.142	-0.141	-0.141	0.093	0.092	0.093	0.092	0.092
C.	BÖHM	J 50	2 3	0.110		6.38	6.63	7.19	2 3	-0.055	-0.059	-0.059	-0.059	-0.059	0.082	0.079	0.079	0.079	0.078
P.	BARUFFETTI	J 50	2 3	0.078		6.34	6.73	7.14	2 3	0.106	0.109	0.111	0.112	0.112	0.042	0.039	0.040	0.040	0.041
M.	CAVAGNA	J 30	2 3	0.093		6.37	6.67	7.18	2 3	-0.021	-0.019	-0.017	-0.016	-0.016	0.194	0.199	0.200	0.199	0.199
A.	GASPANI	J 30	2 3	0.078		6.34	6.70	7.15	2 3	0.042	0.041	0.043	0.043	0.043	0.083	0.074	0.073	0.073	0.073
P.	MARCHELLI	J 50	2 1	0.078		6.34	6.73	7.14	2 1	-0.097	-0.095	-0.093	-0.091	-0.090	0.059	0.052	0.051	0.051	0.051
D.	BERTOLINI	J 50	2 1	0.078		6.34	6.73	7.14	2 1	0.004	0.041	0.045	0.047	0.049	0.092	0.100	0.100	0.100	0.100
S.	KUCHTO	J 30	2 1	0.078		6.34	6.73	7.14	2 1	0.045	0.050	0.053	0.053	0.053	0.077	0.078	0.078	0.078	0.078
JF.	LE BORGNE	T 70	2 1	0.098		6.34	6.70	7.15	2 1	0.104	0.109	0.112	0.112	0.112	0.169	0.164	0.162	0.162	0.162
Ch.	PAUL	J 50	2 0	0.078		6.36	6.67	7.17	2 0	0.055	0.055	0.057	0.057	0.057	0.122	0.126	0.127	0.126	0.126
G.	BIANCIARDI	J 50	2 0	0.082		6.36	6.66	7.18	2 0	0.132	0.126	0.127	0.128	0.128	0.106	0.099	0.098	0.098	0.098
G.	GALEAZZI	T 200	2 0	0.082		6.36	6.66	7.18	2 0	0.123	0.126	0.128	0.130	0.131	0.125	0.113	0.112	0.112	0.112
R.	VANNI	L 60	1 9	0.096	5.82	6.30	6.71	7.16	1 9	-0.003	-0.003	-0.002	-0.002	-0.002	0.137	0.135	0.135	0.136	0.136
E.	LUCENTINI	L 60	1 9	0.063	5.82	6.32	6.71	7.16	1 9	-0.240	-0.241	-0.240	-0.240	-0.240	0.090	0.094	0.096	0.096	0.095
M.	PENNA	J 50	1 8	0.063	5.82	6.32	6.71	7.16	1 8	-0.087	-0.080	-0.076	-0.073	-0.072	0.315	0.326	0.325	0.331	0.331
G.	LAUDRIEC	J 50	1 8	0.063	5.82	6.32	6.71	7.16	1 8	-0.087	-0.080	-0.076	-0.073	-0.072	0.315	0.326	0.325	0.331	0.331

Tableau 2 . Observateurs , séquences personnelles , décalages systématiques et écarts -types

O B S E R V A T E U R S		S E Q U E N C E S P E R S O N N E L L E S				D E C A L A G E S S Y S T E M A T I Q U E S					E T E C A R T S - T Y P E S								
Nom	Stgle	Instr.	nombre mesures	Degré	A	B	C	D	nombre mesures	Δm 0	Δm 1	Δm 2	Δm 3	Δm 4	σ 0	σ 1	σ 2	σ 3	σ 4
C. PAMPALONI	PAM	J 50	2 3	0.093	5.85	6.29	6.66		2 3	-0.302	-0.307	-0.306	-0.306	-0.306	0.086	0.084	0.084	0.084	0.084
L. LENZI	LNZ	J 30							1 8	0.162	0.164	0.167	0.168	0.169	0.074	0.071	0.072	0.072	0.073
E. MAZZONI	MAZ	J 60	1 9	0.129		6.40	6.60	7.20	1 8	0.076	0.082	0.085	0.086	0.086	0.082	0.087	0.089	0.090	0.089
A. SERETTI	STT	L 60	2 1	0.074		6.36	6.67	7.17	1 8	0.069	0.051	0.049	0.048	0.048	0.147	0.146	0.147	0.147	0.147
P. SGARBI	SGB	T127	1 8	0.117		6.36	6.66	7.18	1 8	0.057	0.059	0.060	0.061	0.061	0.144	0.143	0.144	0.144	0.145
J. VIALLE	VIA	J 50	2 0	0.086		6.38	6.64	7.19	1 7	-0.045	-0.048	-0.047	-0.047	-0.047	0.123	0.126	0.126	0.126	0.126
C. ORLANDI	ORL	L 50							1 7	0.070	0.072	0.074	0.074	0.075	0.049	0.041	0.040	0.040	0.040
F. BERRILLI	BER	J 40							1 6	-0.147	-0.148	-0.147	-0.147	-0.146	0.092	0.098	0.099	0.099	0.099
P. CARNEVALI	CAR	J 50	1 6	0.076		6.38	6.63	7.19	1 6	-0.140	-0.138	-0.135	-0.133	-0.132	0.096	0.094	0.094	0.093	0.093
GL. CASONI	CSN	J 50							1 6	0.098	0.092	0.093	0.094	0.094	0.053	0.048	0.047	0.046	0.046
L. DE BASTIANI	DBS	L 40							1 6	0.064	0.069	0.071	0.072	0.072	0.062	0.063	0.072	0.072	0.073
ZANANDREA	ZNN	J 30							1 6	0.143	0.141	0.142	0.142	0.142	0.077	0.063	0.060	0.060	0.060
R. BONINSEGNA	BNN	J 50	1 8	0.162	5.81	6.37	6.62	7.20	1 5	-0.041	-0.009	-0.008	-0.007	-0.006	0.172	0.161	0.159	0.158	0.158
L. BALDINELLI	BDN	J 80							1 4	-0.050	-0.051	-0.050	-0.050	-0.050	0.148	0.153	0.155	0.156	0.156
D. MACCAFERRI	MAC	L 75							1 3	-0.063	-0.065	-0.064	-0.064	-0.064	0.225	0.227	0.228	0.228	0.228
P. COLOMBIER	CLB	J 50	1 3	0.082		6.36	6.66	7.18	1 2	-0.110	-0.103	-0.100	-0.099	-0.098	0.170	0.183	0.186	0.187	0.187
M. GAVAZZI	GAV	J 50	1 3	0.131		6.34	6.70	7.16	1 2	0.072	0.074	0.076	0.076	0.076	0.201	0.219	0.222	0.222	0.222
C. AGNESONI	AGN	J 30							1 1	0.075	0.094	0.099	0.100	0.100	0.135	0.123	0.121	0.121	0.121
M. GALDIERI	GAL	J 30	1 1	0.157	5.80	6.42	6.58		1 1	-0.342	-0.348	-0.347	-0.346	-0.346	0.159	0.161	0.160	0.159	0.159
A. MENEGHEL	MNG	J 50							1 1	-0.207	-0.212	-0.212	-0.211	-0.210	0.163	0.164	0.163	0.162	0.162
R. STIPANI	STI	J 50							1 1	0.096	0.096	0.097	0.097	0.097	0.038	0.027	0.027	0.027	0.027
T. CAMPAGNOLA	CMP	J 50							1 0	0.074	0.084	0.089	0.090	0.090	0.040	0.029	0.029	0.028	0.028
D. BRETHEAU	BTH	J 50							9	0.055	0.030	0.027	0.028	0.028	0.123	0.114	0.112	0.112	0.112
T. COLOMBO	COL	L 60	9	0.131		6.37	6.64	7.19	9	0.016	0.011	0.013	0.013	0.013	0.202	0.205	0.205	0.205	0.205
B. COMTE	CPT	J 50	9	0.098		6.35	6.69	7.16	9	0.023	0.022	0.024	0.024	0.024	0.212	0.214	0.214	0.214	0.214
G. PACIFICO	PAC	J 50							9	0.038	0.033	0.033	0.033	0.033	0.060	0.065	0.066	0.066	0.066
R. SERLA	SER	L 61							9	-0.129	-0.144	-0.145	-0.144	-0.144	0.105	0.084	0.081	0.080	0.080
D. LEPRIOI	LPL	J 50	8	0.133		6.33	6.73	7.13	8	0.038	0.030	0.030	0.030	0.030	0.194	0.188	0.187	0.187	0.187
B. PASSE	PSS	J 35							8	-0.371	-0.369	-0.367	-0.366	-0.366	0.062	0.059	0.059	0.059	0.059
B. MAZEL	MZL	L 60							7	-0.117	-0.110	-0.108	-0.106	-0.105	0.104	0.106	0.106	0.106	0.106
E. MILOTTI	MIL	J 50							7	-0.162	-0.178	-0.178	-0.178	-0.178	0.136	0.135	0.137	0.137	0.138
Ch. RIU	RIU	J 50							7	-0.175	-0.165	-0.162	-0.161	-0.161	0.143	0.135	0.134	0.134	0.134
M. ROSTREN	RSN	J 50							7	-0.356	-0.365	-0.366	-0.366	-0.366	0.127	0.127	0.126	0.125	0.125
F. DAL LAGO	DLG	J 50							6	-0.029	-0.044	-0.045	-0.045	-0.045	0.128	0.132	0.133	0.134	0.134
U. MALLEGNI	MLG	J 50							6	0.085	0.096	0.100	0.101	0.101	0.098	0.103	0.104	0.104	0.105
L. MENAGER	LMG	J 50							6	-0.089	-0.087	-0.085	-0.084	-0.084	0.094	0.089	0.089	0.088	0.088
L. MONTEVERDE	LMG	L 60							6	-0.024	-0.029	-0.029	-0.029	-0.029	0.069	0.074	0.076	0.076	0.077
GL. ADAMOLI	ADM	L108	5	0.104		6.44	6.55	7.21	5	-0.101	-0.109	-0.108	-0.107	-0.107	0.179	0.171	0.170	0.170	0.170
P. ALDOVARDI	ALD	J 50							3	-0.13	-0.11	-0.11	-0.11	-0.11					0.08
G. BIANCO	BIN	J 50							3	0.17	0.16	0.16	0.16	0.16					0.10
U. ANDREONI	ADN	J 50							2	-0.00	0.01	0.02	0.02	0.02					0.07
D. MESSINA	MSS	J 50							2	0.06	0.07	0.07	0.08	0.08					0.09

Tableau 2 bis: Observateurs, séquences personnelles, décalages systématiques et écarts-types

N° Tranche	DATES (1974)		ITERATION 0			ITERATION 1			ITERATION 2			ITERATION 3			ITERATION 4			PRECISION DES MOYENNES
	Date	JJ: 24...	mag brute	mag lissée	nb. mes.	mag brute	mag lissée	Σ points	mag brute	mag lissée	Σ points	mag brute	mag lissée	Σ points	mag brute	mag lissée	Σ points	
1	1 - 3 JUN	42 201	6.682	6.694	21	6.642	6.643	3374	6.634	6.635	3892	6.632	6.634	3929	6.632	6.633	3932	± 0.032
2	4 - 6	42 204	6.723	6.709	29	6.683	6.680	4769	6.675	6.674	5145	6.673	6.674	5147	6.673	6.673	5151	0.027
3	7 - 9	42 207	6.702	6.716	39	6.724	6.725	5819	6.723	6.722	6525	6.721	6.721	6542	6.720	6.721	6553	0.025
4	10 - 12	42 210	6.735	6.726	57	6.750	6.750	8810	6.749	6.748	9766	6.746	6.746	9797	6.745	6.746	9804	0.020
5	13 - 15	42 213	6.775	6.772	47	6.766	6.766	7036	6.759	6.760	7799	6.756	6.757	7812	6.755	6.756	7816	0.023
6	16 - 18	42 216	6.803	6.814	22	6.779	6.777	3291	6.772	6.768	3642	6.770	6.769	3630	6.770	6.769	3628	0.033
7	19 - 21	42 219	6.813	6.801	74	6.779	6.782	13618	6.773	6.776	14939	6.770	6.772	15050	6.770	6.772	15066	0.016
8	22 - 24	42 222	6.794	6.791	38	6.793	6.790	6886	6.791	6.788	8152	6.789	6.786	8269	6.788	6.786	8301	0.022
9	25 - 27	42 225	6.803	6.826	43	6.798	6.798	6935	6.796	6.795	7592	6.794	6.794	7611	6.793	6.793	7617	0.023
10	28 - 30	42 228	6.873	6.834	23	6.793	6.793	4983	6.789	6.789	5139	6.787	6.788	5428	6.786	6.787	5442	0.027
11	1 - 3 JUL	42 231	6.744	6.783	74	6.783	6.784	12162	6.781	6.783	13618	6.780	6.782	13751	6.780	6.782	13770	0.017
12	4 - 6	42 234	6.773	6.745	46	6.791	6.783	7627	6.794	6.786	8623	6.793	6.786	8694	6.793	6.786	8696	0.021
13	7 - 9	42 237	6.736	6.749	73	6.769	6.778	13446	6.773	6.782	15694	6.772	6.780	15892	6.772	6.781	15914	0.016
14	10 - 12	42 240	6.768	6.758	71	6.776	6.768	13266	6.778	6.769	16081	6.776	6.763	16398	6.774	6.769	16469	0.016
15	13 - 15	42 243	6.766	6.778	46	6.767	6.768	8368	6.764	6.764	9254	6.762	6.763	9322	6.762	6.763	9327	0.021
16	16 - 18	42 246	6.834	6.817	39	6.774	6.777	7619	6.765	6.769	8693	6.761	6.764	8746	6.760	6.764	8749	0.021
17	18 - 20	42 248	6.805	6.819	42	6.788	6.781	7554	6.781	6.773	8328	6.777	6.769	8328	6.776	6.768	8322	0.022
18	21 - 23	42 251	6.788	6.780	71	6.780	6.784	13234	6.777	6.780	14931	6.775	6.779	15041	6.775	6.779	15048	0.016
19	24 - 26	42 254	6.765	6.762	71	6.784	6.783	13274	6.782	6.782	14907	6.780	6.782	15046	6.778	6.781	15054	0.016
20	27 - 29	42 257	6.757	6.766	84	6.766	6.764	15425	6.765	6.762	17758	6.763	6.760	17950	6.761	6.759	17964	0.015
21	30 - 1 AUG	42 260	6.764	6.748	35	6.744	6.741	5563	6.740	6.738	6482	6.737	6.735	6221	6.737	6.736	6221	0.025
22	2 - 4	42 263	6.705	6.728	34	6.732	6.737	4912	6.730	6.736	5144	6.729	6.734	5422	6.729	6.735	5423	0.027
23	5 - 7	42 266	6.759	6.728	56	6.746	6.738	9377	6.749	6.739	10894	6.748	6.739	11054	6.746	6.739	11072	0.019
24	8 - 10	42 269	6.680	6.711	59	6.716	6.721	9433	6.716	6.723	10402	6.715	6.723	10357	6.715	6.723	10360	0.020
25	11 - 13	42 272	6.704	6.682	105	6.703	6.702	14063	6.707	6.705	15603	6.707	6.705	15724	6.707	6.705	15736	0.016
26	14 - 16	42 275	6.680	6.684	93	6.699	6.695	13908	6.701	6.696	15688	6.700	6.695	15868	6.699	6.696	15899	0.016
27	17 - 19	42 278	6.690	6.699	103	6.683	6.689	15880	6.681	6.687	17817	6.679	6.688	18058	6.679	6.687	18067	0.015
28	20 - 22	42 281	6.702	6.687	92	6.691	6.684	15797	6.688	6.681	17918	6.686	6.680	18168	6.684	6.680	18185	0.015
29	23 - 25	42 284	6.665	6.675	75	6.682	6.687	11753	6.683	6.685	13532	6.682	6.685	13684	6.682	6.685	13688	0.017
30	26 - 28	42 287	6.684	6.684	88	6.680	6.677	15648	6.675	6.675	17167	6.673	6.673	17294	6.672	6.673	17298	0.015
31	29 - 31	42 290	6.699	6.691	24	6.648	6.648	4749	6.644	6.643	5662	6.642	6.644	5735	6.643	6.645	5741	± 0.026

Tableau 3 . Liste des moyennes, par tranches de 3 jours .

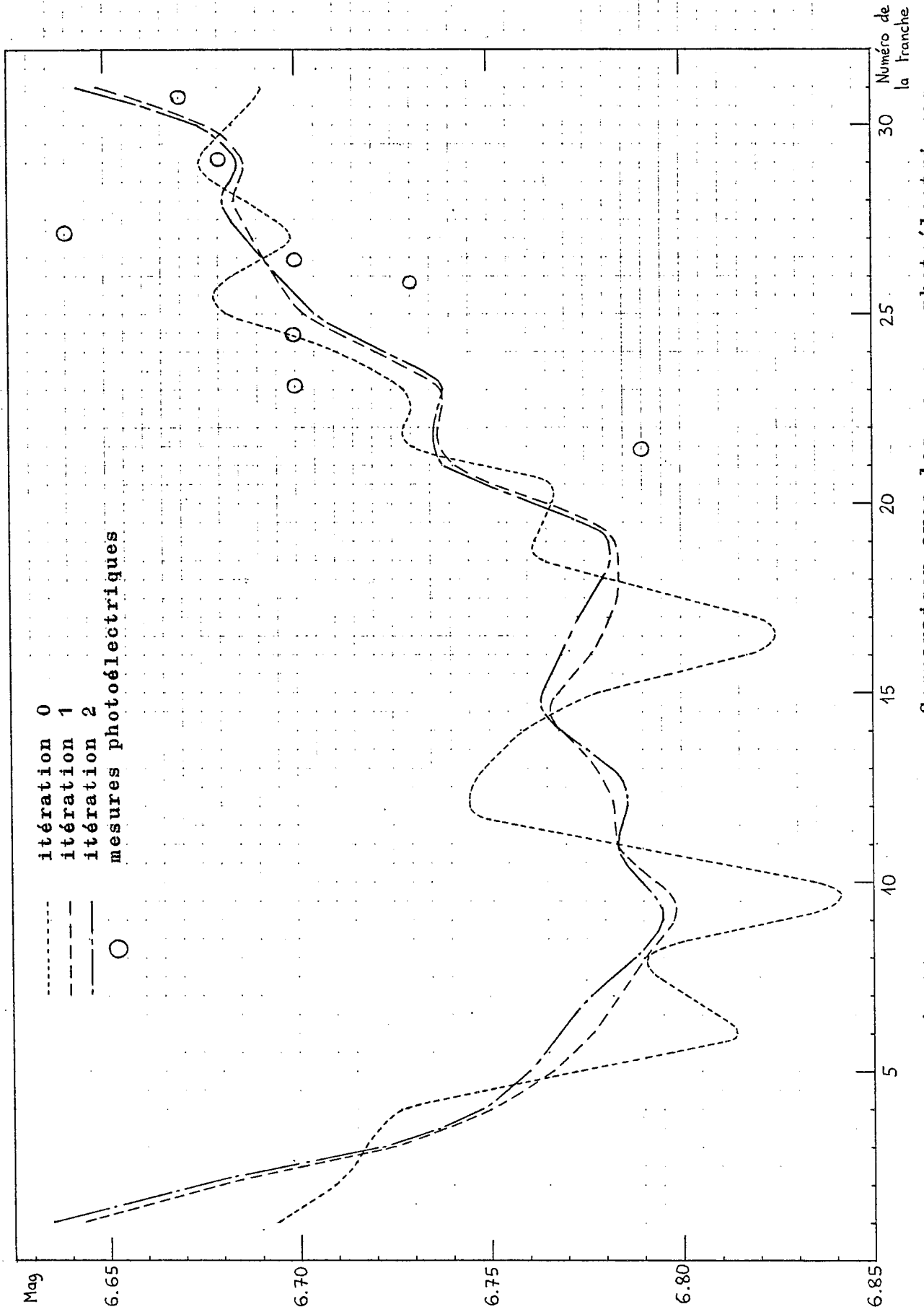


Figure 2 . OP Her : Itérations successives ; Comparaison avec les mesures photoélectriques .

Le tableau 4 donne l'évolution, au cours du processus itératif, des coefficients a_k et b_k du développement en série de Fourier. On note, là-encore, comme pour les Δm , les σ , les " Σ poids" et les moyennes pondérées, la rapidité de la convergence. Cette rapidité justifie a posteriori l'arrêt des calculs - lors de traitements manuels : V 449 Cyg, ρ Cas (Figer, 1974), UU Aur et T Cyg (études GEOS à paraître) - à l'issue de la 1^{re} ou de la 2^{re} itération.

Afin d'illustrer la convergence du processus itératif, la figure 2 montre les courbes lissées (au moyen des séries de Fourier) successives. Seules les courbes correspondant aux itérations 0, 1 et 2 sont représentées. Les 2 dernières courbes ne s'écartent pas suffisamment de celle de l'itération 2 pour pouvoir être représentées clairement sur la figure.

L'écart-type d'une courbe par rapport à la précédente prend respectivement, au cours de l'itération, les valeurs suivantes : 0.029 mag, 0.004, 0.001 et < 0.001 .

COEFFICIENT DU \cos	NUMERO DE L' ITERATION				
	0	1	2	3	4
a_0	6.747	6.742	6.739	6.737	6.737
a_1	-0.039	-0.045	-0.046	-0.046	-0.046
a_2	-0.008	-0.016	-0.018	-0.019	-0.019
a_3	-0.014	-0.011	-0.010	-0.010	-0.010
a_4	0.010	-0.006	-0.007	-0.008	-0.008
a_5	-0.009	-0.008	-0.007	-0.007	-0.006
a_6	0.008	-0.007	-0.009	-0.008	-0.008
a_7	0.006	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002
a_8	0.002	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002
a_9	-0.011	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003

COEFFICIENT DU \sin	NUMERO DE L' ITERATION				
	0	1	2	3	4
b_0	0.	0.	0.	0.	0.
b_1	0.043	0.037	0.035	0.035	0.034
b_2	0.019	0.016	0.014	0.014	0.014
b_3	-0.014	-0.004	-0.002	-0.001	-0.001
b_4	-0.002	0.003	0.004	0.004	0.004
b_5	0.003	-0.002	-0.003	-0.003	-0.003
b_6	-0.006	0.003	0.003	0.003	0.003
b_7	0.002	-0.000	-0.001	-0.001	-0.001
b_8	0.004	-0.001	-0.001	-0.002	-0.002
b_9	-0.002	0.003	0.003	0.003	0.003

Tableau 4 . Coefficients du développement en série de Fourier

3.2 Courbe de lumière

En plus des mesures effectuées au cours de la campagne, nous disposons de plus d'une centaine de mesures de OP Her effectuées un peu avant le début ou un peu après la fin de la campagne. Le tableau 5 donne les valeurs des moyennes pondérées, extérieures aux 3 mois de la campagne. Ces valeurs sont issues de la 2^{re} itération (calcul manuel de Rémis).

DATE (1974)	JJ 24 00 000 +	MOYENNE PONDEREE	NOMBRE MESURES	" Σ POIDS "	PRECISION
11 - 20 AVR	42 154	6.43	8	710	± 0.075
21 - 30	42 164	6.45	15	1 460	0.052
1 - 10 MAI	42 174	6.48	9	730	0.074
11 - 20	42 184	6.51	56	6 750	0.024
21 - 31	42 194	6.55	76	10 220	0.020
01 - 10 SEP	42 297	6.64	11	1 280	± 0.056

Tableau 5 . Moyennes pondérées extérieures aux 3 mois de la campagne

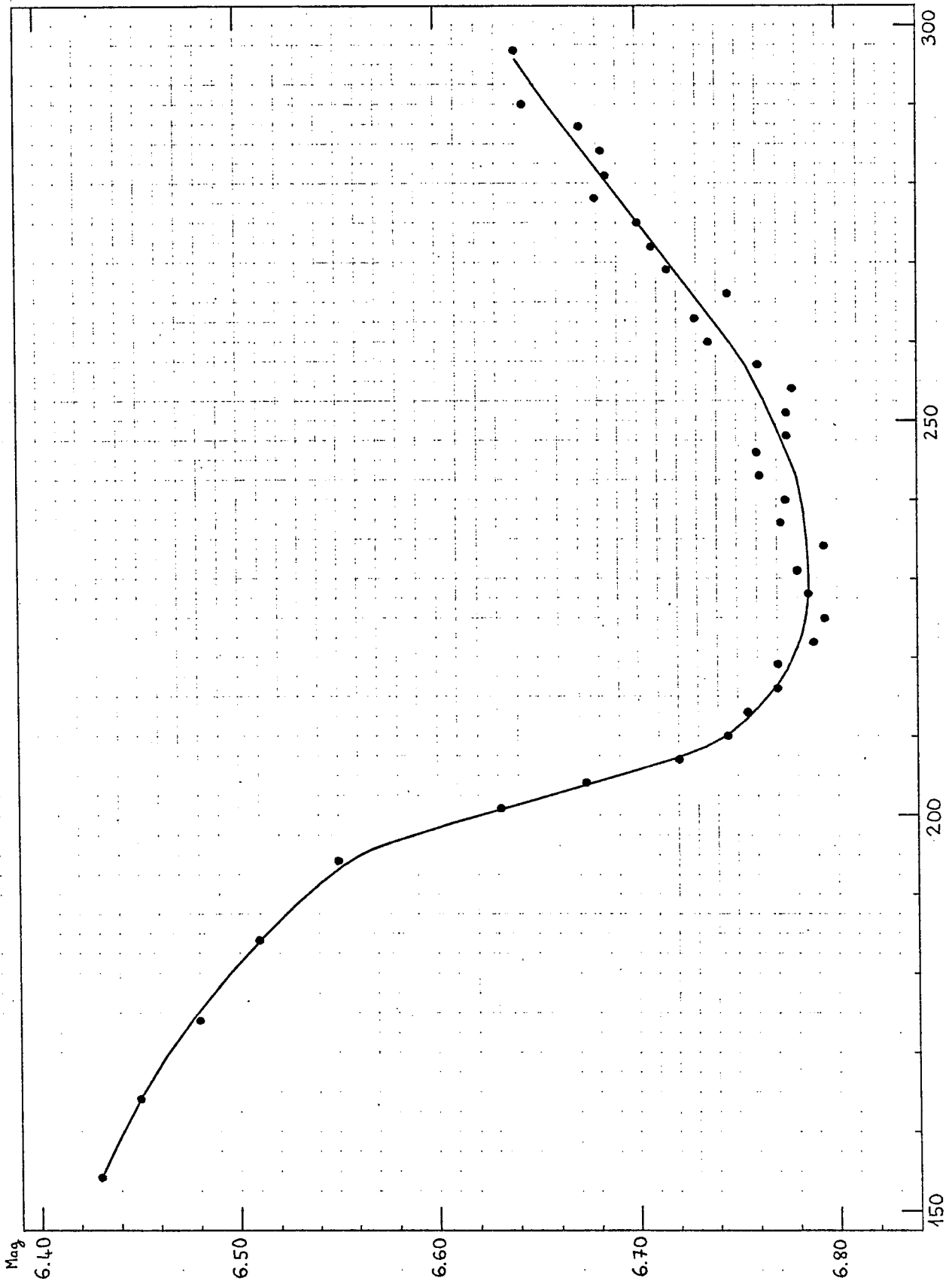


Figure 3 . Courbe de lumière de OP Her du 15 Avril au 5 Septembre 1974

JJ2442000+

La figure 3 montre la courbe de lumière de OP Her entre le 15 Avril et le 5 Septembre 1974. Le lissage manuel a été préféré au lissage par série de Fourier qui fait apparaître des détails non significatifs, compte tenu de la précision des points-moyennes.

La variation d'éclat de OP Her atteint une amplitude de 0.4 mag, c'est-à-dire d'une importance inattendue, pour une Lb donnée de magnitudes extrêmes 6.0 et 6.6 .

L'excellente consistance interne des mesures, attestée par la très faible dispersion des points autour d'une courbe à variation lente et de grande amplitude, laisse supposer que la précision théorique (± 0.015 à ± 0.03 mag) a été effectivement atteinte au cours de la campagne.

3.3 Comparaison avec les mesures photoélectriques de L. Baldinelli

Comme dans le cas de V 449 Cyg, il a été possible de faire une comparaison avec les mesures photoélectriques que L. Baldinelli a effectuées à Bologne au cours de la campagne.

Les mesures ont été effectuées par comparaison avec le repère B et sont au nombre de 9 . Elles sont exprimées dans le système UBV (filtre V). Le tableau 6 donne les mesures d'éclat originales dans la colonne " V - B " qui a pour signification : " éclat de la variable moins éclat du repère B " .

DATE (1974)	HEURE T.U.	JJ 24 00 000 +	V - B	MAG V
27 JUL	23 h 38	42 256. 4847	0.18	6.62
01 AUG	23 40	42 261. 4861	0.10	6.51
06 -	22 30	42 266. 4375	0.04	6.42
10 -	20 51	42 270. 3687	0.04	6.42
14 -	23 14	42 274. 4681	0.06	6.45
16 -	21 13	42 276. 3840	0.04	6.42
18 -	21 48	42 278. 4083	0.	6.36
24 -	21 08	42 284. 3806	0.03	6.40
29 -	20 h 25	42 289. 3507	0.02	6.39

Tableau 6 . Mesures photoélectriques de L. Baldinelli

L'importance du décalage systématique, qui atteint presque 0.3 magnitude entre mesures visuelles et mesures photoélectriques, est de nature à surprendre. Apparemment l'oeil a attribué à l'écart V - B des valeurs beaucoup plus fortes que ne le faisait le photomètre photoélectrique : l'oeil " voyait " l'étoile rouge beaucoup plus faible que le repère blanc B, (et égale au repère jaune C), au moment où le photomètre obtenait l'égalité entre la variable et le repère B !

L'oeil a-t-il tort ? De toute évidence, cette question n'a pas de sens. En présence d'un champ contenant des étoiles très diversement colorées, l'oeil et le photomultiplicateur de type S 11 (InSb) muni d'un filtre standard V (jaune) ne donnent pas les mêmes indications : les échelles de magnitudes ne sont pas confondues, comme le montre le décalage Δm ici constaté (voir tableau 7). Cela bien entendu ne veut pas dire qu'on ne puisse pas mesurer les variables rouges à l'oeil avec une grande précision : ce Δm n'est pas une erreur de l'oeil, mais une simple différence de réponse (*). Un photomultiplicateur d'un autre type que celui qui

(*) D'ailleurs le maximum de sensibilité de l'oeil habitué à l'obscurité est déplacé vers le bleu d'au moins 300 Å si on se réfère au pic de transmission du filtre V .

Il est clair qu'une comparaison précise entre mesures visuelles et mesures photoélectriques devrait prendre en compte non seulement des mesures en V (jaune) mais aussi des mesures en B (bleu). En comparant directement, comme nous l'avons fait, les mesures visuelles aux mesures en V, nous avons vraisemblablement été conduits à surestimer les différences et à donner une évaluation pessimiste des écarts-types.

4. CONCLUSION

Confirmant les résultats obtenus lors de l'étude de V 449 Cyg, cette analyse statistique des mesures de OP Her montre tout le parti qu'il est possible de tirer de simples estimations visuelles, effectuées aux jumelles ou à l'aide de tout petits instruments, par un grand nombre d'observateurs très dispersés géographiquement.

Elle témoigne également de l'intérêt de réunir de grandes concentrations de mesures sur des étoiles à variation lente, justifie le développement d'une coordination très étroite entre les observateurs et consacre l'emploi de l'ordinateur pour réaliser le traitement des mesures par le calcul itératif des moyennes pondérées.

A. FIGER et J. REMIS

BIBLIOGRAPHIE :

- FIGER A., 1974, GEOS: Etude EV 04 (Mai), " Rho Cas en Décembre 73 et Janvier 74 "
- FIGER A., 1975, SIGMA (Novembre), " Résultats de la première campagne franco-italienne d'observations d'étoiles variables. I. Courbe de lumière de V 449 Cyg .
- FITZGERALD, M.P., 1973, Astr. Astrophys. Suppl. 9, 297 - 311, " Error Analysis of the Photoelectric Catalogue "
- KUKARKIN, B.V., and al., 1969, General Catalogue of Variable Stars, 3^e Edition.