

**1 PERSEI, A LOW AMPLITUDE ECLIPSING BINARY,
HAS A PERIOD OF 25.939 DAYS AND AN ELLIPTICAL ORBIT****ABSTRACTS**

1 PERSEI, A LOW AMPLITUDE ECLIPSING BINARY, HAS A PERIOD OF 25.939 DAYS AND AN ELLIPTICAL ORBIT.

The visual observations of the GEOS, and in particular those made in 1978, have led to a confirmation of the eclipsing binary character of 1 Persei and to a determination of its period. These observations have also led to a satisfactory interpretation of the measurements previously published by KURTZ and by the GENEVA observers.

1 Persei is therefore an EA-type eclipsing binary with a period of 25.939 days. The orbit is elliptical with an eccentricity of 0.6 and a semi-major axis of 82 R_⊙. The inclination of the orbital plane is 1.6°. Secondary minima occur around phase 0.42 for the observational period from 1972 to 1975. An apsidal motion with a period of about 1000 years is probable. Eclipses last respectively 7 hours (primary or "short" minima) and 23 hours approximately (secondary or "long" minima). Both minima have a nearly similar amplitude of 0.22 and 0.21 magnitude (V).

The short minima occur shortly before periastron when there is a quasi-total occultation of the companion (with a possible spectrum B5 V) by the principal component (spectrum B1.5 V). The long minima occur before apastron when the principal component is partly eclipsed (22% of the disk surface) by the companion.

With a radius about 70 to 75% of that of the principal, the companion has a luminosity which is 4 to 5 times fainter. These values show that the mass of the companion star should be about 2/3 that of the principal. However, this result is not consistent with the radial velocities found in the literature, nor with the fact that 1 Persei is not known as a spectroscopic binary.

As a consequence, the companion has probably an unusually low mass, though it seems difficult to admit a mass ratio of less than 0.3. As a matter of fact, the interpretation of radial velocity measurements by BEARDSLEY and by BLAAUW and VAN ALBADA would rather suggest a mass ratio of the order of 0.1 or 0.2.

However, the rapid rotation of 1 Persei on itself and the presence on its spectrum of lines from the companion (not resolved as yet) should make radial velocity measurements delicate and imprecise. As a matter of fact, the measurements we have used seem to be rather "noisy". New measurements giving a better precision, made at a favourable moment determined with our ephemeris, should lead to a definite conclusion.

1 PERSEI, BINARIA AD ECLISSE DI DEBOLE AMPIEZZA, HA UN PERIODO DI 25.939 GIORNI ED UN'ORBITA ELLITTICA.

Le osservazioni visuali del GEOS, principalmente quelle effettuate nel 1978, hanno permesso di confermare la natura di variabile ad eclisse di 1 Per e di determinarne il periodo. Hanno anche consentito un'interpretazione soddisfacente delle misure già pubblicate da KURTZ e dagli astronomi di GINEVRA.

1 Per è dunque una binaria ad eclisse di tipo EA con periodo 25.939 giorni. L'orbita è ellittica, con eccentricità 0.6 e con un semiasse maggiore di circa 82 R_⊙. L'inclinazione del piano dell'orbita è di 1.6°. Fra il 1972 ed il 1975 i minimi secondari hanno avuto luogo attorno alla fase 0.42. E' probabile un movimento apsidale di periodo circa 1000 anni.

Le eclissi durano rispettivamente 7 ore (minimo primario o "corto") e 23 ore (minimo secondario o "lungo"). I due minimi sono d'ampiezza molto prossima: 0.22 e 0.21 magnitudini nel V.

I minimi corti hanno luogo un po' prima del periastro e sono dovuti all'occultazione quasi totale del compagno di spettro possibile B5 V ad opera della stella principale B1.5 V. I minimi lunghi hanno luogo prima dell'apaastro e sono dovuti all'occultazione parziale della principale (22% della superficie) ad opera di una parte del compagno.

Il compagno, di raggio fra il 70 ed il 75% di quello della principale, ha una luminosità di 4 o 5 volte più debole. Questi valori indicano che la sua massa dovrebbe essere circa i 2/3 di quella della principale, ma questo risultato non emerge né dalle misure di velocità radiale disponibili nella letteratura né dal fatto che 1 Per sia stata indicata come binaria spettroscopica.

Come conseguenza, il compagno è probabilmente meno massivo, ma appare difficile ammettere che il rapporto delle masse sia inferiore a 0.3. D'altro canto, l'interpretazione delle misure di velocità radiale di BEARDSLEY e di BLAAUW e di VAN ALBADA suggeriscono piuttosto un rapporto fra le masse compreso fra 0.1 e 0.2.

Tuttavia l'accertata rapida rotazione di 1 Per e la presenza nello spettro delle righe del compagno non risolto dovrebbero rendere delicate ed imprecise le misure di velocità radiale. Di fatto, quelle da noi utilizzate sembrerebbero molto inaccurate. Delle nuove misure più precise ed effettuate durante i momenti favorevoli prevedibili con la nostra effemeride dovrebbero permettere di chiudere l'argomento.

ABSTRACTS (following)**1 PERSEI , BINARIA A ECLIPSES DE PEQUEÑA AMPLITUD , TIENE UN PERIODO DE 25.939 DIAS Y UNA ORBITA ELIPTICA**

Las observaciones visuales del GEOS, y principalmente las efectuadas en 1978, han permitido confirmar la naturaleza eclipsante de 1 Persei y determinar su período. Igualmente han permitido también dar una interpretación satisfactoria de las medidas publicadas por KURTZ y por los observadores de GINEBRA.

1 Persei es pues una binaria a eclipses del tipo EA y de período 25.939 días. La órbita es elíptica, de excentricidad 0.6 y de semieje mayor aproximadamente 82 R \odot . La inclinación del plano de la órbita es de 1.6°. Los mínimos secundarios se producen alrededor de la fase 0.42 para la época 1972-1975. Es probable que exista un movimiento apsidal de un período aproximado de 1000 años.

Los eclipses duran respectivamente 7 horas (mínimo primario o "corto") y 23 horas (mínimo secundario o "largo") aproximadamente. Los dos mínimos son de amplitud semejante: 0.22 y 0.21 magnitud (V).

Los mínimos cortos se producen un poco antes del periastro por la ocultación casi total de la compañera, cuyo espectro posiblemente sea B5 V, por la principal B1.5 V. Los mínimos largos se producen antes del apoastro por la ocultación parcial (22% de su superficie) por una parte de la compañera.

La compañera, de radio 70 a 75% del de la principal, tiene una luminosidad 4 ó 5 veces menor. Estos valores indican que la masa de la compañera debería ser de alrededor de 2/3 de la masa de la principal, pero este resultado no concuerda con las medidas de velocidades radiales de los libros, ni con el hecho de que 1 Per no sea reclasificada como binaria espectroscópica.

En consecuencia, la compañera es probablemente poco densa y parece difícil admitir que la proporción de las masas sea inferior a 0.3. Ahora, la interpretación de las medidas de velocidades radiales de BEARDSLEY y de BLAAUW y VAN ALBADA, sugieren más bien una proporción entre las masas del orden de 0.1 a 0.2 .

Siempre, la rotación de 1 Per sobre ella misma y la presencia sobre el espectro de las rayas de la compañera no resalta, deben convertir las medidas de velocidades radiales en delicadas e imprecisas. De hecho, las que nosotros hemos utilizado parecían muy bastas. Nuevas medidas más precisas y efectuadas en los momentos más favorables utilizando nuestra efeméride, deberían permitir deducirlo.

1 PERSEI , BINAIRE A ECLIPSES DE FAIBLE AMPLITUDE , A UNE PERIODE DE 25.939 JOURS ET UNE ORBITE ELLIPTIQUE

Les observations visuelles du GEOS, et principalement celles effectuées en 1978, ont permis de confirmer la nature d'éclipsante de 1 Persei et de déterminer sa période. Elles ont également permis une interprétation satisfaisante des mesures déjà publiées par KURTZ et par les observateurs de GENEVE.

1 Persei est donc une binaire à éclipses de type EA et de période 25.939 jours. L'orbite est elliptique, d'excentricité 0.6 et de semi-grand axe d'environ 82 R \odot . L'inclinaison du plan de l'orbite est de 1.6°. Les minimums secondaires se produisent autour de la phase 0.42 pour l'époque 1972-1975. Un mouvement apsidal, de période 1000 ans environ, est probable.

Les éclipses durent respectivement 7 heures (minimum primaire ou "court") et 23 heures environ (minimum secondaire ou "long"). Les deux minimums sont d'amplitude voisine: 0.22 et 0.21 magnitude (V).

Les minimums courts se produisent un peu avant le périastre par l'occultation quasi-totale du compagnon de spectre possible B5 V, par la principale B1.5 V. Les minimums longs se produisent avant l'apoastre par l'occultation partielle de la principale (22% en surface) par une partie du compagnon.

Le compagnon, de rayon 70 à 75% de celui de la principale, a une luminosité 4 ou 5 fois plus faible. Ces valeurs indiquent que la masse du compagnon devrait être d'environ les 2/3 de celle de la principale, mais ce résultat n'est pas consistant avec les mesures de vitesses radiales de la littérature, ni avec le fait que 1 Per ne soit pas recensée comme binaire spectroscopique.

En conséquence, le compagnon est probablement sous-massif mais il paraît difficile d'admettre que le rapport des masses soit inférieur à 0.3. Or l'interprétation des mesures de vitesses radiales de BEARDSLEY et de BLAAUW et VAN ALBADA suggère plutôt un rapport des masses de l'ordre de 0.1 à 0.2 .

Toutefois la rotation rapide de 1 Per sur elle-même et la présence sur le spectre des raies du compagnon non résolu doivent rendre les mesures de vitesses radiales délicates et imprécises. De fait, celles que nous avons utilisées paraissent très bruitées. De nouvelles mesures, et effectuées aux instants favorables en utilisant notre éphéméride, devraient permettre de conclure.

1. INTRODUCTION

L'étoile HD 11241 ou 1 Persei, de spectre B 1.5 V (J.LESH, 1968), a été inscrite en 1975 au programme d'observation du GEOS. Notre attention avait été attirée sur cette étoile par l'Observatoire de Genève (F.RUFENER et al., 1975) qui voyait en elle une binaire à éclipses probable, de longue période, et d'amplitude supérieure ou égale à 0.2 magnitude.

a) Les mesures initiales de Genève.

Dans un échantillon d'environ 150 mesures de 1 Persei effectuées, en 1972 et 1973, dans le système photométrique à 7 couleurs, 3 mesures se trouvent notablement écartées de la moyenne $V = 5.519$, ainsi que le signale RUFENER en remarque de son Catalogue (1976): « We have three peculiar observations for this star: at J.D. 2441628.31 $V = 5.678$, the same night at 2441628.54 $V = 5.640$ and for 2441628.45 $V = 5.715$. No clear change of colours is noticeable ».

A part ces 3 mesures particulières, l'ensemble des mesures de Genève est suffisamment cohérent pour que 1 Persei ait pu être utilisée comme étoile constante de référence pour tester la variabilité de supergéantes de faible amplitude. Dans la publication correspondante (F.RUFENER et al., 1978) 97 mesures de 1 Persei ont été utilisées, celles effectuées entre le 16 Septembre 1972 et le 26 Janvier 1973. Elles ont un écart-type: $\sigma = .008$ mag et leur dispersion pic-à-pic est de: $a = .025$ mag.

b) La première campagne d'observations du GEOS (Août à Octobre 1975)

Nous avons effectué une première campagne d'observations visuelles intensives au cours du camp GEOS de Vars en Août 1975 où, pour dix observateurs, un peu plus de 1300 estimations ont été recueillies. L'observation de 1 Persei se poursuivait dans notre groupe en Septembre et en Octobre 1975. Plusieurs observateurs évoquèrent alors l'éventualité de variations rapides et de faible amplitude. Comme cette hypothèse était rendue plausible par le comportement des vitesses radiales de 1 Per (voir par exemple à ce sujet: W.BEARDSLEY, 1969, qui relève un écart de 45 km/s entre deux observations effectuées à 30 minutes d'intervalle) une surveillance photoélectrique de l'étoile a été réalisée à notre demande par J.P. BRUNET et l'Observatoire du Chirán, mais aucune variation rapide supérieure à 0.03 mag n'a pu être mise en évidence au cours des deux nuits complètes de la surveillance, les 28 - 29 et 29 - 30 Octobre 1975.

Le traitement partiel des 8400 estimations visuelles de 1975 (15 observations) ne permit pas non plus d'établir la réalité du phénomène rapide suspecté (voir par exemple J.LECACHÉUX (1975), S.KUCHTO (1976) et A.FIGER (1978)). Par ailleurs, aucun minimum de la durée et de l'amplitude (≥ 0.2 mag) attendues n'avait été mis en évidence. En conséquence l'observation de 1 Persei fut provisoirement abandonnée, dans l'attente de renseignements complémentaires.

Il est à noter que les 1300 mesures du camp de Vars ont fait l'objet d'une étude complémentaire ayant pour but de contrôler l'allure de toutes les courbes journalières, ainsi que nous le verrons plus loin (au § 3.5 b).

c) La deuxième campagne d'observations du GEOS (Sept 1977 à Mars 1978)

En 1977, l'Observatoire de Genève (P.NORTH, 1977) nous a transmis une famille d'éphémérides prédisant les minimums de 1 Per du deuxième semestre 1977. Les périodes utilisées allaient de 13.5 à 135 jours et expliquaient les anciennes observations anormales. Une campagne d'observations s'imposait pour trancher entre les différentes éphémérides proposées. Toutefois cette campagne ne toucha qu'un petit nombre d'observateurs (cinq), ne recueillit que peu de mesures (à peine plus de 400 en six mois environ) et ne permit pas de détecter ou de confirmer un seul minimum.

d) Annonce de la variabilité de 1 Persei par D.KURTZ

A la fin de 1977, KURTZ (PASP, 89, 939-940) annonçait la découverte de la variabilité de 1 Persei. Les mesures, qui remontaient à 1975, étaient absolument indépendantes de celles de Genève. KURTZ avait utilisé par hasard 1 Persei comme étoile de comparaison pour tester la variabilité de l'étoile HR 540, de type Am: « No light variations were found for HR 540 while 1 Per proved to be variable ».

Il est étonnant de constater que les premières mesures de KURTZ (21 et 27 Octobre 1975) ne sont distantes de quelques jours des mesures photoélectriques de BRUNET et que l'étoile avait été surveillée le 21 Octobre 75 (nuit des premières variations d'éclat détectées par KURTZ) de 19h à 22h TU par FIGER qui avait donc commencé les observations environ 10 heures après la fin de la séance de KURTZ!

L'allure des variations d'éclat mises en évidence par KURTZ semblait confirmer particulièrement bien l'hypothèse de la variable à éclipses formulée indépendamment par les observateurs de Genève. KURTZ notait toutefois que les éclipses ne pouvaient expliquer de manière satisfaisante les variations rapides de vitesse radiale déjà constatées qui suggéraient plutôt pour 1 Per le type β CMA. Des remarques analogues plus détaillées avaient été déjà formulées indépendamment par LECACHÉUX dans un premier essai d'interprétation des mesures du GEOS (J.LECACHÉUX, 1975).

e) La troisième campagne d'observations du GEOS (Juil à Déc 1978)

La période de 67.45 jours proposée, avec des réserves, par Genève (P.NORTH, 1978 a), grâce à la combinaison des mesures de KURTZ et de celles de Genève, n'apparaissant pas comme décisive, il restait à apporter d'autres éléments d'observation.

Tel a été l'objet de notre troisième campagne d'observations qui a débuté au camp d'été de Chamaloc (Juillet-Août 78).

Cette campagne a été couronnée de succès puisqu'à Chamaloc un premier minimum a été détecté dans la nuit des 28-29 Juillet. L'insistant favorable de ce minimum, survenu vers le milieu de la nuit, a permis d'observer le phénomène - descente et remontée d'éclat - dans sa totalité, ce qui constituait une première.

Par la suite, après le camp de Chamaloc, plusieurs autres minimums ont été détectés. Il devenait alors facile de proposer une valeur acceptable pour la période.

Tel est l'objet principal de cette étude.

2. OBSERVATIONS

2.1 Surveillance photoélectrique des 28-29 et 29-30 Octobre 1975

Les mesures photoélectriques de 1 Persei effectuées à notre demande (J.P. BRUNET, 1976) ont été effectuées en UVV avec le télescope de 30 cm du Chirán. BRUNET a réalisé un suivi quasi-continu, essentiellement avec le filtre V, plus rarement B et U, au cours de deux fois 8 heures d'observation.

3 étoiles de comparaison ont été utilisées, toutes très proches de 1 Persei (voir croquis en Figure 2). La réduction des mesures de 1 Persei a été menée au moyen de la plus brillante d'entre elles, C, l'étoile Am HR 540 ($V = 6.44$), qui est justement celle dont KURTZ avait testé la variabilité au moyen de 1 Persei; les deux autres étoiles de comparaison: a = SAO 22 697 (spectre A0) et b = HD 11 187 = GSV 5947 (spectre A0 p) n'ont été mesurées que 3 fois chacune.

DENOMINATION	NUMÉRO		SPECTRE (Genève)	MAGNITUDES V		INDICES (USNOC)			
	Fig. 1	Nom		HR	HD	Genève	USNOC	B-V	U-B
V	1	Persei	533	11 24.4	B2 V	5.519	5.52	-0.18	-0.84
A	4	Persei	590	12 303	B8 V	5.007	5.00	-0.08	-0.31
B	2	Persei	536	11 291	B9 p	5.702	-	-0.06	-0.30
C	-	-	540	11 408	A5 m	6.442	-	-	-

Tableau 2. 1 Persei et ses repères (selon les catalogues USNOC et Genève).

L'étude d'ensemble montre que, pour cinq des treize nuits d'observation, il est possible de se prononcer sans équivoque sur la variabilité de 1 Persei, grâce à la qualité et au nombre des mesures disponibles, et en raison de la durée suffisante de la surveillance.

Ainsi 1 Persei était manifestement constante - à la précision de quelques centièmes de magnitude près - les :

- 02-03 Août de 22h55 à 03h05 TU (86 mesures ; 8 observateurs)
- 04-05 Août de 21h10 à 02h50 TU (140 mesures ; 9 observateurs)
- 05-06 Août de 20h30 à 03h00 TU (119 mesures ; 9 observateurs)
- 10-11 Août de 20h45 à 26h00 TU (93 mesures ; 7 observateurs)

En revanche 1 Persei a nettement varié au cours de la nuit des 28-29 Juillet, ainsi que l'ont noté huit des neuf observateurs. 145 mesures ont été effectuées. Les courbes individuelles qui font l'objet de la figure 3 montrent toutes un minimum marqué aux alentours de minuit TU. L'instant géocentrique du minimum, relevé sur chaque courbe par application de la méthode de symétrie, est reporté pour chaque observateur sur le Tableau 3.

La valeur moyenne de ces déterminations est : 24h18mn (géoc.) soit J.J.hél. 24 43 718.511.

Observateurs	Instant Géocentrique (TU)
ALB	23 h 54 mn
DUQ	24 h 01
WAB	24 h 08
MPN	24 h 20
FGR	24 h 22

Observateurs	Instant Géocentrique (TU)
RAL	24 h 30 mn
POI	24 h 51
Moyenne	24 h 18 mn

Tableau 3. Déterminations du minimum de 1 Per (28-29 Juillet 78).

2.3 Observations effectuées après le camp de Chamaloc: Les minimums des 18 Septembre et 9 Novembre 1978.

(Dans ce paragraphe nous ne traitons que des mesures effectuées jusqu'à la fin Novembre 78; l'observation de 1 Per s'est néanmoins poursuivie au GEOS après cette date)

Les observations de base sont constituées par la surveillance exercée par FIGER à Paris.

De nombreuses autres mesures sont également disponibles, mais ainsi qu'on le constatera en consultant le Tableau 4, les autres observateurs ont observé de façon moins régulière, et certains n'ont commencé qu'après l'annonce de l'observation positive du 9 Novembre.

La première nuit (28-29 Octobre 1975) est de bonne qualité photométrique: 1 Per est demeurée constante à V=5.535 de 19h40 TU à 03h35 TU. Lorsque sur l'enregistrement on effectue des intégrations sur des tranches de plusieurs minutes, l'écart-type des moyennes est inférieur à 0.01 mag. La seconde nuit (29-30 Octobre 1975) est de moins bonne qualité photométrique. 1 Per a été suivie de 20h10 TU à 03h50 TU, mais à partir de 01h TU la calibration devient incertaine et on ne peut plus être sûr du comportement de l'étoile. En revanche, de 20h10 TU à 01h TU, l'étoile est restée constante à V=5.515.

2.2 Observations du camp de Chamaloc: Le minimum des 28-29 Juillet 1978

1740 estimations visuelles ont été réalisées à Chamaloc (Drôme) au cours de 13 nuits, du 27 Juillet au 12 Août 1978 par 14 observateurs équipés de jumelles de 30 à 50mm d'ouverture. (voir Tableau 1)

OBSERVATEUR	SIGLE	Nombre de Mesures	Magnitude moyenne	OBSERVATEUR	SIGLE	Nombre de Mesures	Magnitude moyenne
A. FIGER	FGR	284	5.62	A. ROYER	ROY	97	5.48
JL. DUQUESNE	DUQ	234	5.82	Ph. RALINCOURT	RAL	95	5.48
S. WABNITZ	WAB	225	5.60	M. JORDY	JOR	72	5.53
P. ALBERT	ALB	180	5.60	JF. LE BORGNE	FLB	64	5.53
M. PENNA	MPN	126	5.60	P. GUIRAUDOU	GUI	57	5.53
C. PAMPALONI	PMP	119	5.63	C. ROMOLI	RML	54	5.53
E. PORETTI	POI	104	5.63	L. MAURIN	MRN	32	5.53

Tableau 1. Répartition par observateur des estimations effectuées à Chamaloc. (La magnitude moyenne est calculée sans prendre en compte les estimations de la nuit des 28-29 Juillet)

Les 3 repères utilisés: A=4 Persei, B=2 Persei et C=HR540 sont tous de spectre B (voir Tableau 2) et la séquence visuelle standard adoptée par le GEOS comme base du calcul des séquences personnelles est: A=5.00, B=5.70 et C=6.44.

Compte tenu de son trop fort éclat aux jumelles dans le ciel de Chamaloc, de l'éloignement du repère B (distant de plus de 4°) et de l'importance de l'écart AB (0.7 magnitude), les observateurs se sont accordés pour trouver 1 Persei difficile à mesurer et les courbes individuelles obtenues chaque nuit montrent généralement une forte dispersion.

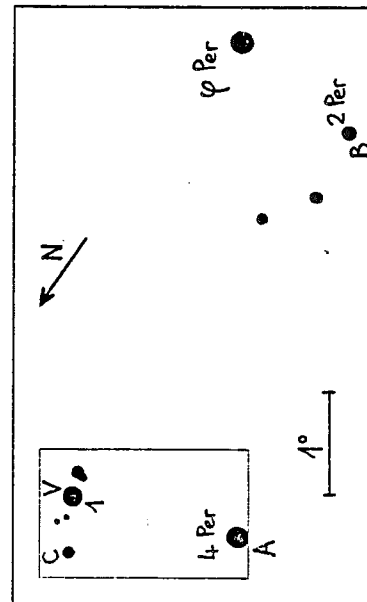


Fig 1. Le champ de 1 Per; les repères visuels utilisés par le GEOS sont: A=5.00, B=5.70 et C=6.44.

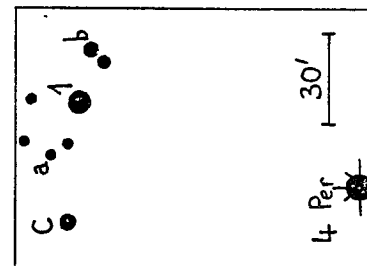


Fig 2. Les 3 étoiles de comparaison utilisées par BRUNET.

OBSERVATEUR	SIGLE	INSTR. ¹	SITE	Mois d'Observation			TOTAL
				fin AUG	SEP	OCT NOV	
A. FIGER	FGR	J 40	Paris	93	140	196	584
JC. MISSON	MIS	J 50	Clichy			179	360
P. GUIRAUDOU	GUI	J 50	Montgeron	69	65	6	140
C. PAMPALONI	PMP	J 30	Firenze			40	108
E. PORETTI	POI	J 30	Arconate				85
S. WABNITZ	WAB	J 50	Roma				83
M. PENNA	MPN	J 30	Asti		31	15	73
Ph. RALINCOURT	RAL	J 50	Navtes				69
L. MAURIN	MRN	J 50	Arles	24			50
M. BENUCCI	BEN	J 50	Firenze	18			43
A. BUZZONI	BUZ	J 40	Ferrara				38
P. ALBERT	ALB	J 30	Angers			38	22
M. FRANCHINI	FCH	J 35	Cerro Mag.				21
E. NEZRY	NZY	J 50	Toulouse				19
JF. LE BORGNE	FLB	J 50	Toulouse				16
				204	236	474	1711

Tableau 4. Répartition des mesures de 1 Persei effectuées par les observateurs du GEOS du 15 Août au 30 Novembre 1978.

Les 584 estimations réalisées par FGR à Paris du 19 Août au 26 Novembre 1978 se répartissent en 40 soirées d'observation représentant une surveillance d'une durée cumulée de 140 heures. La valeur moyenne des estimations d'éclat est de 5.535 mag. La dispersion est assez importante, l'écart-type des mesures étant de 0.068 mag. Notons, à titre comparatif, que la magnitude moyenne des 281 estimations effectuées à Chamaloc par le même observateur est de 5.631 pour un écart-type de 0.073 mag.

A ce stade nous pouvons faire quelques remarques :

• Tout d'abord les écarts-types sont voisins ce qui vérifie une proposition, surprenante à première vue mais déjà maintes fois confirmée, selon laquelle les estimations de variables brillantes effectuées aux jumelles en ville ne sont pas inférieures en qualité - et sont même souvent supérieures - à celles effectuées en campagne, là où les effets de la scintillation atmosphérique sont plus sensibles et plus gênants.

• Ensuite il y a un décalage systématique important, de 0.1 magnitude, entre les mesures des deux séries. Comme il ne s'agit pas d'un effet de position, on pourrait penser à l'effet Purkinje pour expliquer le phénomène car 1 Per, plus bleue que ses repères, doit être défavorisée par l'oeil dans le beau ciel de Chamaloc. Toutefois la différence spectrale entre 1 Persei et ses repères est presque négligeable et l'effet Purkinje ne fournit pas nécessairement la bonne explication, pas plus que l'absorption atmosphérique différentielle (qui joue dans le sens contraire !). Il nous semble que le changement de l'aspect du champ et des images stellaires pourrait tout aussi bien être mis en cause, parce qu'il s'agit d'un paramètre important dans le mécanisme psychologique de l'estimation.

• Enfin remarquons que l'écart-type $s = 0.068$ mag, dont nous venons de parler et qui est calculé à partir des écarts à la moyenne générale des estimations effectuées à Paris, est un estimateur "pesoniste" de la dispersion des mesures de chaque soirée.

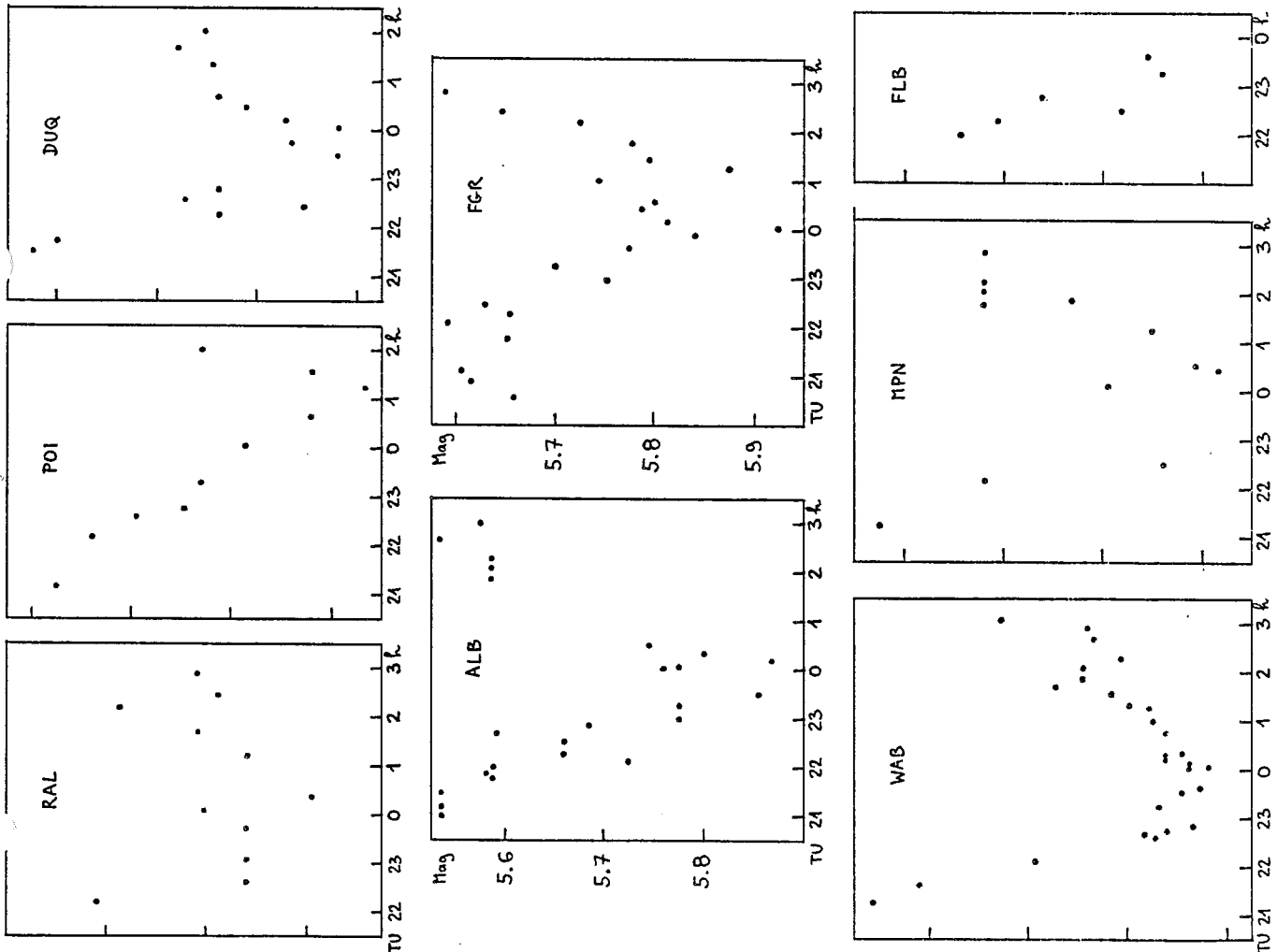


Figure 3. Observations du minimum de 1 Persei des 28-29 Juillet 1978.

Le 18 Septembre, IAL (14 mesures de 19h 57 à 23h 18) a également observé le minimum, relevé à 21h 23 TU, mais la détermination est peu précise car les mesures sont très bruitées.

Le 9 Novembre, MIS a effectué un petit nombre d'estimations (8 mesures de 19h 30 à 20h 36 TU) mais il a néanmoins pu observer une partie de la remontée d'éclat.

L'écart identique de 52 jours qui sépare les minimums du 28 Juillet et du 18 Septembre, comme ceux du 18 Septembre et du 9 Novembre, permet de "composer" les mesures des trois soirées. Le composite, destiné à fournir une meilleure représentation des variations d'éclat mises en évidence visuellement, fait l'objet de la figure 6.

Pour une raison d'homogénéité, il ne comprend que les mesures effectuées par FGR; en outre les mesures de Chamaloc ont été corrigées de leur décalage systématique de 0.1 mag.

Avant de procéder au compositage, il convient d'effectuer un ajustement. En effet, les intervalles entre minimums observés ne sont pas rigoureusement égaux: le premier est de 51.85 j, tandis que le second est de 51.89 j.

- La succession des opérations est la suivante :
 - détermination des instants des trois minimums (géocentriques)
 - d'après les courbes individuelles
 - application de la correction héliocentrique
 - ajustement des instants héliocentriques par moindres carrés; ce qui fournit la valeur héliocentrique de l'instant 0 (origine) du compositage, pour chacune des trois soirées, avec comme résultats :

Minimums du { 28-29 JUL à J.J.héli. 24 43 718.511.
18 SEP 43 770.383
09 NOV 43 822.255

Pour pouvoir tracer une courbe de qualité, nous avons ajouté aux mesures composées de la figure 6 leurs images symétriques (application de la méthode de symétrie) et nous avons pris en compte, pour définir le niveau du maximum d'éclat, la valeur de la magnitude moyenne des observations effectuées hors éclipses (mag. 5.52). Le résultat apparaît sous la forme de la courbe lissée de la figure 7, avec une amplitude observée de 0.24 magnitude. Cette courbe permet une interprétation satisfaisante des mesures de KURTZ que l'on a superposées à la courbe visuelle, sur la figure 7.

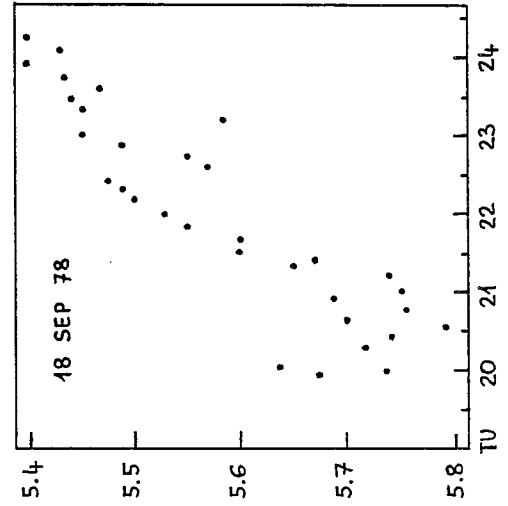


Figure 5.
1 Persei observée à Montgeron par GUI le 18 Septembre 1978.

En effet, de même que l'on a pu noter un décalage significatif entre les mesures effectuées à Paris et à Chamaloc, il se produit un décalage d'une soirée à l'autre, pour le même observateur opérant dans le même site, en fonction des conditions atmosphériques réelles. Cet effet est particulièrement net à Paris où la magnitude limite à l'oeil nu varie couramment entre 3 et 5 1/2 d'une nuit à l'autre. En conséquence la dispersion réelle des mesures de chaque nuit est mieux représentée par l'estimateur s', calculé à partir des écarts aux moyennes journalières. Autrement dit, la formule générale qui exprime s' peut se mettre sous la forme suivante :

$$s' = \sqrt{\frac{\sum (m_i - \bar{m})^2}{n_i - 1}}$$

dans laquelle s' est l'écart-type des ni mesures de la ième soirée.

L'estimateur s' vaut ici 0.049 mag. Compte tenu de la dispersion importante des mesures individuelles, représentée par cet écart-type de 0.049 mag, il convient de considérer avec précaution les courbes de lumière obtenues soirée par soirée par l'observateur. Pour cette raison, nous n'avons retenu en première analyse que les variations indubitables, présentées les 18 Septembre et 9 Novembre 1978. C'est au cours de ces deux soirées en effet qu'ont été effectuées les 14 mesures extrêmes de l'échantillon, à savoir celles qui montrent 1 Per plus faible que le repère B (donc au-delà de 3σ).

Les courbes de lumière de ces deux soirées font l'objet de la figure 4. Par leur allure, ces deux courbes se comparent assez bien aux courbes déjà obtenues à Chamaloc avec une remontée d'éclat durant 3 heures ou un peu plus et une amplitude voisine de 0.25 mag. Ces courbes rappellent aussi le "minimum court" de KURTZ (courbe obtenue le 21 Octobre 1975), mais elles ne pourraient pas être mises en correspondance avec le "minimum long" de KURTZ (courbe du 27 Novembre 1975).

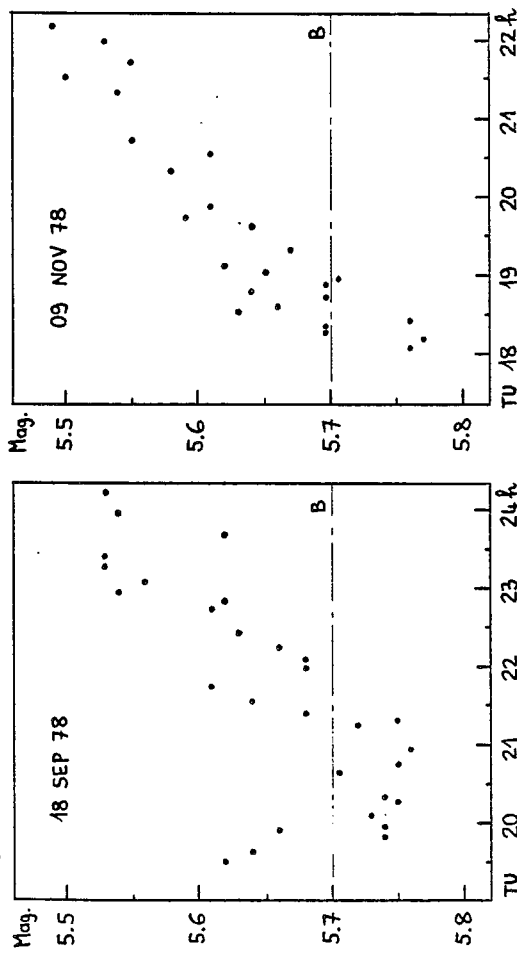


Figure 4. 1 Persei observée à Paris par FGR les 18 Septembre et 9 Novembre 1978.

Les variations mises en évidence visuellement par FGR ont été confirmées par les trois autres observateurs qui ont suivi 1 Persei le 18 Septembre ou le 9 Novembre 1978 :

Le 18 Septembre, GUI (32 mesures de 19h 54 à 24h 12 TU) a observé le minimum à 20h 49 TU, la courbe obtenue (voir figure 5) se comparant très bien avec celle de FGR.

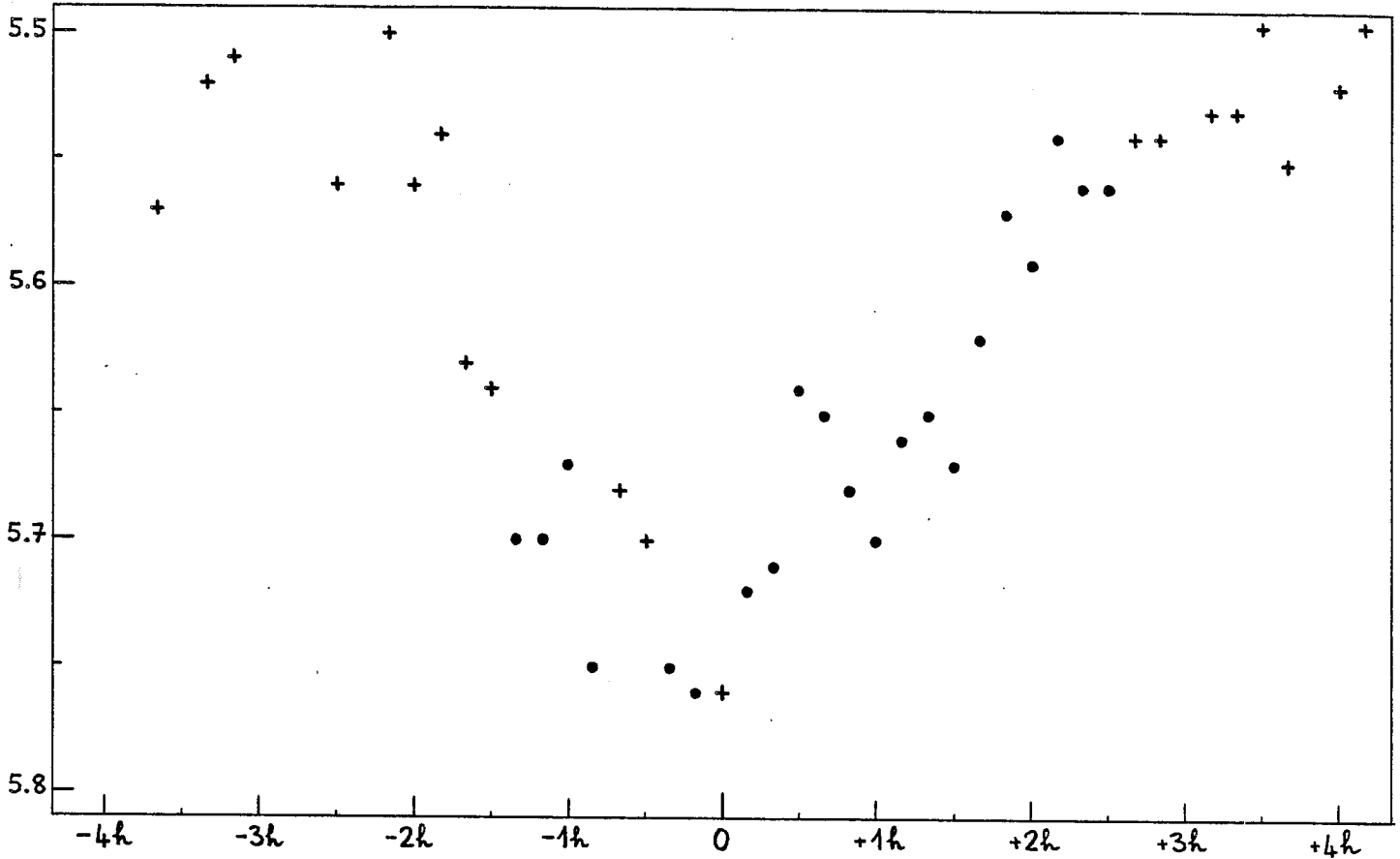


Figure 6. Compositage des mesures FGR des 28-29 JUL , 18 SEP , 09 NOV 1978 . (• moyennes)

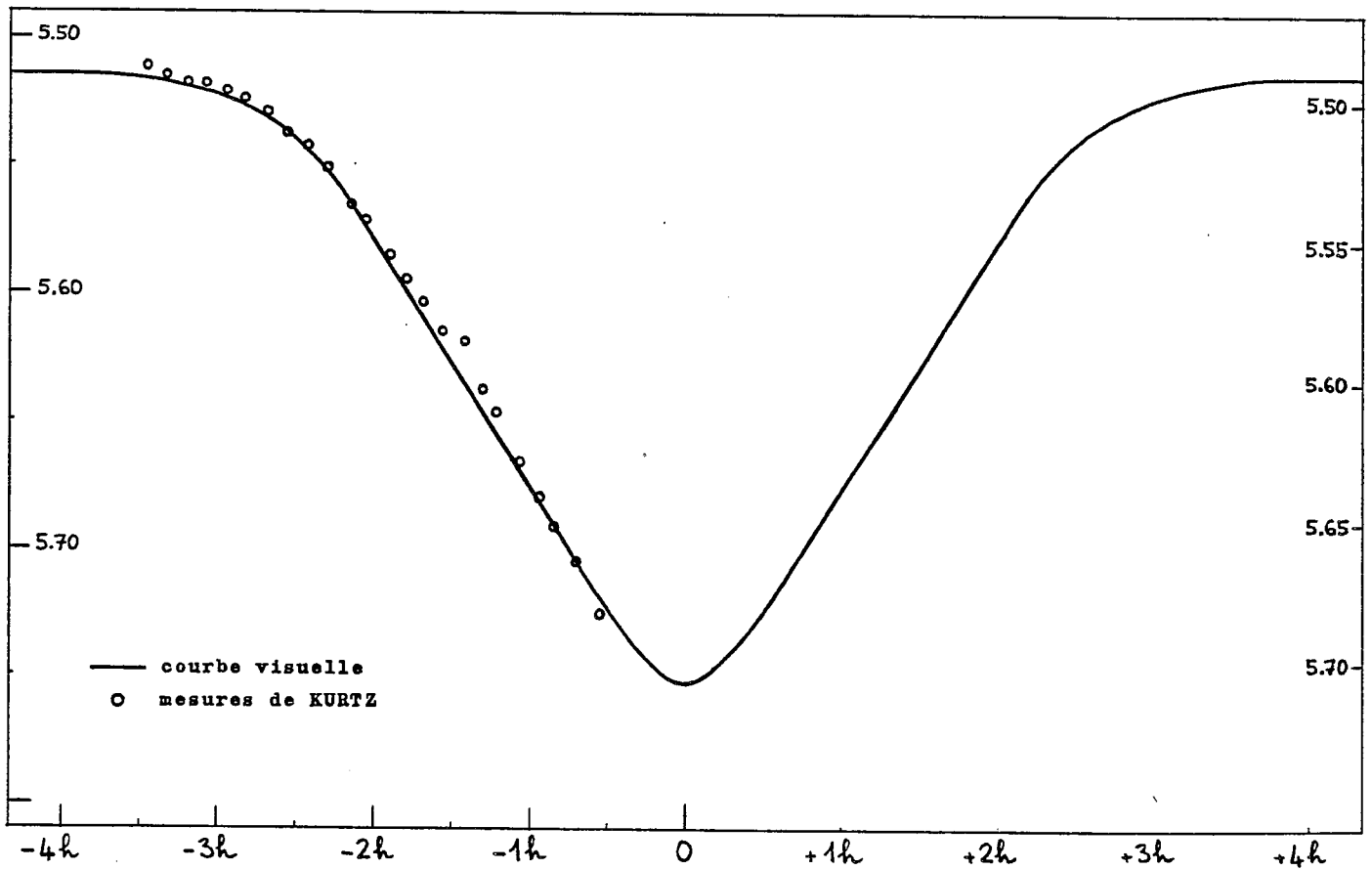


Figure 7. Minimum court de 1 Persei : courbe visuelle lissée (FGR) et mesures de KURTZ .

de KURTZ présente en outre un autre inconvénient. S'il s'agit d'un "minimum long" - ainsi que nous l'avons déjà baptisé - donc formant avec le "minimum court" un doublet minimum primaire / minimum secondaire d'amplitudes vraisemblablement voisines, alors il faut admettre que 1 Persei est une binaire dont les composantes ont des caractéristiques voisines et des éclats voisins. Or 1 Persei n'est pas recensée comme binaire spectroscopique. Elle figure explicitement dans la liste des étoiles rejetées du Sixième Catalogue des Binaires Spectroscopiques de BATTEN (1967) et n'est plus mentionnée dans le Septième (1978), l'hypothèse formulée par BLAAUW et VAN ALBADA (binaire spectroscopique, période 15.6 jours) n'ayant pas suffisamment convaincu.

Par ailleurs c'est un étalon spectrophotométrique, son continu ayant été calibré entre 3100 Å et 6100 Å pour servir de comparaison (voir par exemple L.DIVAN, 1966).

En conclusion nous ne retiendrons comme base de départ, pour la recherche de la période, que les 3 déterminations de minimums du GEOS de Juillet, Septembre et Novembre 1978 (dont les deux écarts identiques de 52 jours suggèrent fortement un phénomène périodique), et celle obtenue pour le "minimum court" de KURTZ grâce à l'analogie des courbes.

3.2 Détermination de la période apparente

Dans tout ce paragraphe nous utiliserons le mot "période" pour désigner la période apparente de la binaire à savoir :

- la demi-période si le minimum secondaire, d'amplitude analogue à celle du primaire, se produit à la phase 0.5.
- la période réelle si le minimum secondaire se produit loin de la phase 0.5 et/ou s'il est d'amplitude très faible.

Les trois minimums observés par le GEOS sont séparés par deux intervalles égaux et consécutifs. Donc l'intervalle I qui sépare deux minimums, à savoir 51.872 ± 0.03 jours, est un multiple exact de la période, ou la période elle-même.

L'intervalle qui sépare le premier minimum de celui observé par KURTZ est de : 1011.622 jours, soit 19.502 ± 0.011 fois l'intervalle I. La bande d'erreur encadre très bien le nombre 19.5. Les intervalles 1011.622 et 51.872 sont ainsi dans le rapport simple $39/2$, ce qui confirme le caractère périodique du phénomène observé. En outre ce résultat nous montre que 51.872 jours ne peut plus être la période. La plus grande valeur possible pour la période est : 25.936 ± 0.015 jours, cette dernière valeur étant encore un multiple exact de la période. Il est possible de raffiner cette valeur numérique grâce à une régression linéaire sur les quatre minimums qui donne l'éphéméride suivante, notée (A) :

(A) Minimum I = JJ hél. $2443510.9942 + 25.93886 E \pm 124 \pm 70$

(Les bandes d'erreur sont données au niveau de confiance 95%.
MIN = a + b E ; écarts-types : $s = .00577$ $s_a = .00288$ $s_b = .000162$,
la valeur du t de Student étant de 4.3).

Il reste à examiner quels sont les sous-multiples qu'il est possible d'éliminer grâce aux surveillances réalisées par KURTZ, BRUNET et le GEOS, et dont les phases sont données au tableau 5. (Nous ne disposons pas des renseignements suffisants pour inclure également les données de Genève).

Pour le tableau 5, nous n'avons pas retenu les surveillances effectuées par un observateur visuel unique. Toutes les surveillances visuelles indiquées ont été le fait de plusieurs observateurs, ce nombre étant précisé entre parenthèses dans la première colonne.

La superposition a nécessité un ajustement linéaire parce que la pente des mesures photométriques y (système uvby) de KURTZ était légèrement plus faible que celles des mesures de FGR, d'environ 10%. Les deux échelles de magnitude sont portées sur la figure 7, à gauche l'échelle visuelle v, et à droite l'échelle utilisée pour les mesures photométriques y. Les formules de transformation sont les suivantes :

$v \rightarrow y$ $y = 0.917 v + 0.436$
 $y \rightarrow v$ $v = 1.091 y - 0.475$

Qu'il faille utiliser une formule de transformation entre mesures visuelles et mesures photométriques ne signifie nullement que l'oeil ait commis une erreur. Les écarts constatés reflètent sans doute la différence de réponse entre deux récepteurs qui ne sont pas identiques : l'oeil et le photomultiplicateur S11 (Cs3Sb) muni d'un filtre standard y ou V (jaune).

Dans notre cas il faut bien voir en outre que l'amplitude attribuée par l'oeil est directement liée aux magnitudes adoptées pour les trois repères et plus particulièrement aux valeurs A = 5.00 et B = 5.70 qui sont deux valeurs choisies arbitrairement (dans une plage de plusieurs centièmes de magnitude) et qui n'ont pas été utilisées par KURTZ dans la réduction de ses mesures.

Remarquons que pour annuler la nécessité d'une formule de transformation, il aurait suffi d'attribuer aux repères les magnitudes visuelles suivantes : A = 5.02 et B = 5.66 ce qui constituerait une base tout-à-fait plausible. Toutefois, à notre avis, il n'y aurait pas d'intérêt à adopter ces valeurs, plutôt que d'autres, pour la séquence visuelle, parce qu'elles ne sauraient avoir une signification générale valable pour tous les observateurs visuels, alors que les caractéristiques des yeux de chaque observateur sont différentes et que, pour un même observateur, le changement de site d'observation suffit à provoquer des différences significatives.

L'interprétation des mesures de KURTZ, proposée sur la figure 7, permet d'en tirer les renseignements suivants (nous avons identifié y et V) :

- Magnitude au maximum : 5.49 V
- Magnitude au "minimum court" : 5.71 V
- Amplitude du "minimum court" : 0.22 V (± 0.02 V ?)
- Durée de l' "éclipse courte" : 7 h 00 mn ± 20 mn
- Instant du minimum, le 21 OCT 1975 : JJ hél. 2442706.889 ± 20 mn

3. DISCUSSION

3.1 Recherche d'une base de départ pour le calcul de la période

Aussi bizarre que soit le comportement des vitesses radiales (W.BEARDS-LEY, 1969 ; D.KURTZ, 1977), il n'est pas douteux que 1 Per est "au moins" une étoile à éclipses :

KURTZ et RUFENER/NORTH avaient déjà formulé cette hypothèse de façon indépendante, et les observations GEOS, qui ajoutent aux précédentes plus de 200 heures de surveillance en 1978 et la mise en évidence de 3 minimums dont un observé en totalité, en apportent une excellente confirmation.

Si 1 Persei est effectivement une étoile à éclipses, il doit être possible de trouver une période qui rende compte de façon satisfaisante des observations de Genève, de KURTZ et du GEOS. Toutefois comme 1 Per n'est peut-être pas "seulement" une étoile à éclipses, il convient d'être prudent et de ne pas attribuer systématiquement toutes ses variations d'éclat à des éclipses. En particulier nous n'utiliserons comme éléments de départ ni les mesures de Genève, ni la courbe du 27 Novembre de KURTZ, qui ne permettent pas de définir un instant précis de minimum. La courbe

La séance d'observations simultanées du 14 Novembre 1978 avait été organisée spécialement pour tester la période sous-multiple 5.188 jours. Les 7 observateurs, très dispersés géographiquement, étaient WAB, MRN, POI, ALB, BEN, NZY et FCH.

DESIGNATION Observateur et soirée	DATE DE LA SURVEILLANCE	DEBUT ET FIN EN JJ.kk. (24 00 000. +)		PHASE φ SELON (A)	
		(24 00 000. +)		Début	Fin
KURTZ a	1975, 27 OCT	42742.723	à .824	.2249	.2288
KURTZ b	1975, 25 NOV	42744.649	à .678	.3400	.3412
KURTZ c	1975, 28 NOV	42744.565	à .656	.4525	.4560
BRUNET a	1975, 28-29 OCT	42744.323	à .653	.2866	.2993
BRUNET b	1975, 29-30 OCT	42745.344	à .546	.3259	.3337
GEOS (8) a	1978, 02-03 AUG	43725.454	à .628	.1908	.1975
GEOS (9) b	1978, 04-05 AUG	43725.381	à .617	.2651	.2742
GEOS (9) c	1978, 05-06 AUG	43726.354	à .625	.3026	.3130
GEOS (7) d	1978, 10-11 AUG	43731.364	à .583	.4957	.5042
GEOS (7) e	1978, 14 NOV	43827.251	à .512	.1924	.2025

Tableau 5. Liste des soirées de surveillance montrant 1 Perseï au maximum sans ambiguïté possible. (liste non exhaustive)

Nous avons testé (voir tableau 6) tous les sous-multiples de 25.939 jours supérieurs à 1.6 jour. Nous nous sommes fixés cette limite parce qu'il serait difficilement imaginable que 1 Per, avec son étoile principale de type B 1.5 V, puisse constituer, avec une période inférieure, un système détaché: 1 Per est en effet de type EA, avec son maximum plat. De toutes façons, plus la période testée est courte et plus il est facile de l'éliminer grâce à la surveillance effectuée (la liste du tableau 5 est de plus loin d'être exhaustive). Il est certain que les minimums de 1 Per sont peu fréquents, ainsi qu'en témoignent les surveillances "massives" de Genève et du GEOS, et comme d'autre part une période courte en très bon synchronisme avec la rotation terrestre n'est pas possible (1.9953 j et ses sous-multiples étant notamment éliminés), tout indique que la période de 1 Per est relativement longue.

Période Testée	Multipli- cateur φ	Soirée Résolvante	Minimum prévu		Période Testée	Multipli- cateur φ	Soirée Résolvante	Minimum prévu	
			non observé (11)	non observé (11)				non observé (11)	non observé (11)
25.939 j	1	GEOS d	24 43731.474	2.882A j	2.882A j	9	BRUNET b	24 42745.535	
12.969 j	2	BRUNET b	42745.535	2.5939 j	2.5939 j	10	BRUNET a	42744.674 *	
8.646 j	3	GEOS d	43731.474	2.3581A j	2.3581A j	11	KURTZ c	42744.649	
6.485 j	4	GEOS e	43827.449	2.1416 j	2.1416 j	12	BRUNET b	42745.535	
5.188 j	5	BRUNET b	42745.535	1.9953 j	1.9953 j	13	KURTZ a	42742.875 *	
4.323 j	6	BRUNET a	42744.300 *	1.8528 j	1.8528 j	14	BRUNET a	42744.300 *	
3.706 j	7	GEOS d	43731.474	1.7293 j	1.7293 j	15	BRUNET b	42745.535	
3.2424 j	8	GEOS d	43731.474	1.6212 j	1.6212 j	16	GEOS	43731.474	

Tab. 6. Liste des périodes testées et éventuellement rejetées. (La présence d'un astérisque signifie que le minimum prévu devait se produire un peu avant ou un peu après la séance d'observation.)

Le tableau 6 montre que toutes les périodes testées ont pu être éliminées sauf une. Donc la période est obtenue sans ambiguïté. Elle vaut: 25.939 j. Ainsi que nous l'avons signalé au début du paragraphe, il s'agit de la période apparente.

3.3 Détermination de la période réelle

A ce stade de l'étude il ne reste que deux possibilités :

- 1) Ou bien la période réelle est double de la période apparente (soit 51.878 jours)

Dans ce cas les minimums primaire et secondaire sont d'amplitude voisine, le minimum secondaire se produit à la phase 0.5 et l'orbite est circulaire.

Or ceci est impossible. Si l'orbite était circulaire, l'éclipse durerait beaucoup plus longtemps que 7 heures, environ 15 à 25 heures, si l'on admet pour la composante B 1.5 V une masse de 6 à 8 M \odot et un rayon de 3 à 6 R \odot (valeurs explicitées au § 3.6).

- 2) Ou bien la période réelle est égale à la période apparente (soit 25.939 jours)

Dans ce cas, si le minimum secondaire est à la phase 0.5, il est d'amplitude négligeable car la période apparente de 12.969 jours a été éliminée. La solution de l'orbite circulaire se trouve du reste inadaptée pour la même raison que précédemment: l'éclipse devrait durer de 12 à 20 heures.

En conséquence il ne reste qu'une seule solution possible: la période réelle est de 25.939 jours et l'orbite est elliptique. L'éphéméride donnant les minimums primaires est l'éphéméride (A) calculée au paragraphe 3.2.

3.4 Les mesures "anormales" de Genève et le "minimum long" de KURTZ
Nous avons calculé les phases des trois mesures "anormales" de Genève et celle de la première mesure du 27 Novembre 1975 de KURTZ (celle d'éclat le plus faible).

Ainsi que le montre le tableau 7, toutes ces phases sont très voisines de 0.42. Là-encore, cet excellent accord ne saurait être dû au hasard, et il faut voir là l'indication du minimum secondaire.

ORIGINE DES MESURES	DATE	MAGNITUDE V	J.J. héliocentrique	PHASE φ
GENEVE	1972, 6-7 NOV	5.690 et 5.659	41628.310 et .544	.4184 et .4274
GENEVE	1973, 10 OCT	5.701	41965.513	.4183
KURTZ	1975, 27 NOV	5.682	42743.701	.4192

Tab. 7. Phases selon l'éphéméride (A). Les magnitudes et les instants des mesures de Genève sont tirés de NORTH (1978b) et non de RUFENER (1976).

La magnitude moyenne au maximum de 1 Per est de 5.519 pour Genève contre 5.493 pour KURTZ. Pour pouvoir interpréter, au moyen des courbes de KURTZ, les mesures de Genève, il convient donc de retrancher 0.026 mag à leur valeur exprimée dans le tableau 7.

L'écart de 0.031 mag et de 0.234 jour qui sépare les deux mesures de Genève de la nuit des 6-7 Novembre 1972 montre que les deux mesures ont été effectuées de part et d'autre de l'instant du minimum secondaire. Notons en revanche que cet écart de temps exclut une observation au minimum primaire: l'écart est 3.2 fois trop long pour pouvoir coïncider avec le minimum court de la figure 6. Ceci apporte une nouvelle confirmation à nos déductions précédentes.

La mesure n° 2 de Genève étant effectuée au cours d'une remontée d'éclat, il est possible de l'interpréter grâce aux mesures de KURTZ du 27 Novembre 1975. Sur la courbe de KURTZ, la magnitude

5.633 e... atteinte à JJ 24 42 743.785 ± 0.033 soit à la phase .4224 ± .0013 les bandes d'erreur calculées correspondant à une incertitude de ± 0.02 magnitude sur la mesure d'éclat ($\sigma = 0.008$) et la mise en correspondance des deux échelles V.

On constate un écart de 0.005 phase - donc supérieur à 3 heures - avec le résultat que nous avait fourni le calcul direct (cf. tableau 7). Cet écart n'est explicable ni par l'incertitude sur l'éclat (± 0.001 phase) ni par l'imprécision de l'éphéméride (± 0.002 phase pour l'époque de l'observation). Nous pensons que cet écart s'expliquerait de manière satisfaisante par un mouvement apsidal qui est de nature à produire des variations de cet ordre de grandeur.

L'utilisation combinée des mesures de KURTZ et de Genève nous permet de proposer une courbe représentative du "minimum long" qui fait l'objet de la figure 8.

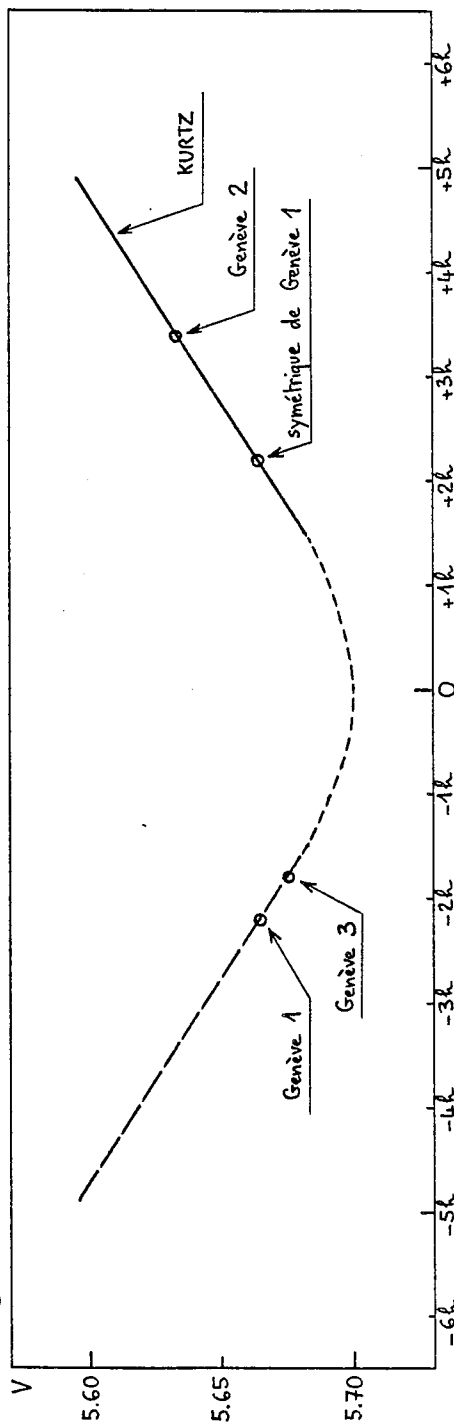


Figure 8 . Minimum long de 1 Persei : courbe reconstituée d'après les mesures photoélectriques .

Le tracé de la courbe en pointillés a été réalisé au moyen des opérations suivantes :

- Tracé de la courbe de KURTZ de la nuit du 27 Novembre 1975
- Positionnement sur cette courbe d'un point de magnitude 5.633 représentant la seconde mesure de Genève de la nuit des 6-7 Novembre 72
- Positionnement du point de magnitude 5.664, représentant la première mesure de Genève de la même nuit, et situé donc 5h37mn auparavant
- Tracé d'une courbe symétrique de celle de KURTZ et passant par ce point (postulant ainsi la symétrie du "minimum long")
- Positionnement du point de magnitude 5.675 représentatif de la troisième mesure de Genève. Ce positionnement se fait sur la branche descendante, compte tenu des phases très proches (cf. tableau 7) des mesures 1 et 3 de Genève
- Jonction des deux arcs symétriques par une courbe déterminée par analogie à partir de celle du minimum court de la figure 7. Ce tracé n'a qu'une valeur indicative.

L'interprétation des mesures de KURTZ et de Genève, proposée sur la figure 8, permet d'en tirer les renseignements suivants :

Magnitude au "minimum long"	: 5.70 V
Amplitude du "minimum long"	: 0.21 V (± 0.015 V)
Durée de l' "éclipse longue"	: 23 heures (?)
Instant des minimums, le 06 NOV 1972	: JJ héli. 24 41 628.401
le 10 OCT 1973	: 41 965.586
le 27 NOV 1975	: 42 743.639

Les phases correspondantes des trois minimums sont respectivement de : 0.4219 0.4211 et 0.4168 . La variabilité probable de la phase du minimum secondaire, que nous avons déjà évoquée, ne nous permet pas d'utiliser ces données pour préciser notre éphéméride de base (éphéméride (A)). Toutefois ces données permettent le calcul d'une éphéméride (B) valable pour les minimums secondaires, mais assez imprécise :

(B) Minimum II = JJ héli. 24 42 121.187 + 25.9357 E
 ± 117
 (bandes d'erreur à 95% ; $s = .016$ $s_0 = .0092$ $s_d = .00051$ $t = 12.7$)

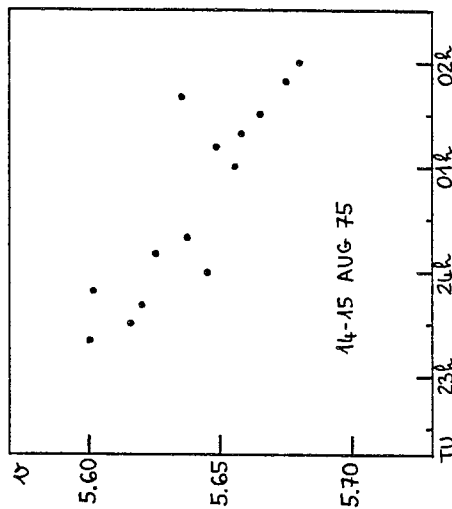


Fig. 10 . Le minimum long observé à Vars les 14-15 Août 1975 .

3.5 Interprétation de mesures d'éclat complémentaires

a) Confirmation indépendante de l'éphéméride (A) par l'observation du 5 Décembre 1978:

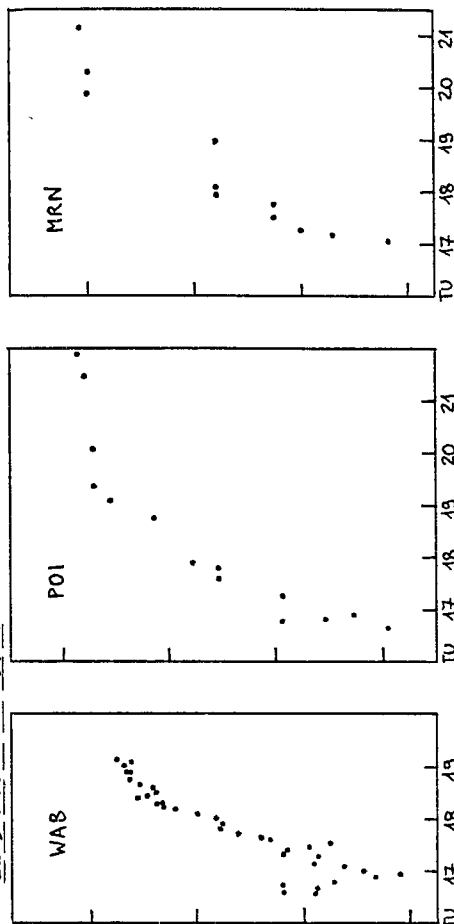


Figure 9 . Le minimum de 1 Persei du 5 Décembre 1978 .

La valeur : - .00235 ph/an représentative de la variation annuelle de la phase du minimum II, et valable pour les années 1972-78.

c) Les deux mesures "suspectes" de Genève

NORTH (1978b) nous a communiqué deux mesures complémentaires effectuées par l'Observatoire de Genève et montrant 1 Persei légèrement affaiblie, à JJ 24 40 143.566 (mag 5.600) et 24 43 517.410 (mag 5.570). Les phases de ces deux mesures sont respectivement de .178 et .247 ce qui montre que ces mesures ne sont pas liées à des minimums de 1 Persei.

3.6 Recherche d'un modèle pour 1 Persei

La composante principale de 1 Persei, de type B1.5 V, devrait avoir, en interprétant les diagrammes et tableaux de IBEN (1977), une masse de l'ordre de 7.1 M \odot . Son rayon peut être supposé égal à 4.5 \pm 1.5 R \odot . Ces valeurs dépendent en fait quelque peu de l'état d'évolution de l'étoile :

(a) si l'étoile est d'âge zéro, on peut admettre une masse de 7.5 M \odot et un rayon de 4 R \odot .

(b) si l'étoile est à la moitié de sa vie sur la séquence principale, une masse de 6.5 M \odot et un rayon de 3 R \odot semblent plus appropriés.

(c) si l'étoile vient juste d'épuiser ses réserves centrales d'hydrogène et est juste sur le point d'entrer dans le domaine des β C, on peut admettre une masse de 8 M \odot et un rayon de 5 ou même 6 R \odot .

Le problème principal posé par la construction d'un modèle pour 1 Persei a déjà été évoqué dans le courant de l'étude : 1 Persei, étoile spectrophotométrique, n'est pas connue comme double spectroscopique. Le compagnon qui cause les éclipses est donc d'éclat nettement plus faible, d'au moins deux magnitudes peut-être ; et cela est peu consistant avec la photométrie puisque les deux minimums primaire et secondaire sont d'amplitude presque identique ce qui milite plutôt en faveur de deux composantes de type spectral voisin et de caractéristiques géométriques voisines.

Toutefois l'orbite est elliptique, puisque le minimum secondaire se produit vers la phase 0.42. Si l'on admet que l'orbite est fortement elliptique, ce qui est hautement probable compte tenu de la forte différence des pentes des deux minimums (rapport 3.7 selon les mesures de KURTZ), on peut imaginer que les minimums correspondent :

- l'un à l'occultation partielle de la principale par une partie du compagnon (près de l'apostre, donc "minimum long")
- l'autre à l'occultation presque totale du compagnon par la principale (près du périastre, donc "minimum court").

Soit E et F l'éclat de la principale et du compagnon, m_1, m_2 les magnitudes du couple respectivement au maximum d'éclat, au minimum long et au minimum court, α et β les coefficients d'occultation de la principale au minimum long et du compagnon au minimum court. (Le coefficient d'occultation est le rapport de la surface maximale occultée à la surface totale).

Pour les calculs, nous faisons les hypothèses simplificatrices :

- les deux composantes sont sphériques
- les deux disques ont un éclat uniforme.

Nous avons les relations :

$$m_2 - m_0 = 2.5 \log \frac{E+F}{E+(1-\alpha)F} \quad m_1 - m_0 = 2.5 \log \frac{E+F}{(1-\alpha)E+F}$$

et nous savons par ailleurs que :

$$m_2 - m_0 = 0.22 (\pm 0.02 ?) \quad m_1 - m_0 = 0.24 (\pm 0.015 ?) \quad \beta \# 1$$

La période de 25.939 jours fut établie le 19 Novembre 1978 dès que fut connu le résultat de la campagne d'observations concertées GEOS du 14 Novembre qui éliminait la période de 5.188 jours du tableau 6. Aussitôt fut organisée une campagne pour l'observation du dernier minimum primaire de la saison 1978-79, observable commodément d'Europe Occidentale, le 5 Décembre en début de nuit, c'est-à-dire exactement une période plus tard que le 9 Novembre.

Des observations furent réalisées par WAB, POI, MRN et FLB qui, tous, mirent en évidence le minimum primaire (minimum court) et obtinrent des courbes en bon accord, pour un instant du minimum proche de 16h53mn TU soit JJ h \acute{e} l. 24 43 848.207, donc : 0-C = +.008 par rapport à (A). La figure 9 présente les courbes obtenues par les trois premiers observateurs qui, favorisés par leur position géographique, purent commencer l'observation dès avant 17h TU.

b) Mise en évidence de minimums secondaires

Par un hasard malheureux, malgré les 12000 estimations de 1 Per effectuées par le GEOS de 1975 à 1978, aucune série d'observation n'encadre le moment central du minimum long ainsi que l'a révélé, a posteriori, la recherche systématique. Toutefois quelques observations ont été effectuées au début de la descente ou à la fin de la remontée du minimum long, aux dates suivantes :

• 14-15 Août 1975 (camp de VARS 1975) : La courbe moyenne, tracée à partir de 91 mesures effectuées par 7 observateurs (FGR, RAL, RML, FLB, ROY, ROL, MAU) de 23h20 TU à 02h00 TU, montre une descente assez régulière mais de faible amplitude : 0.06 magnitude (voir figure 10) de 5.60 à 5.66 pour une magnitude moyenne de 5.58 observée à Vars. La pente observée, de 0.023 magnitude/heure, est à rapprocher de celle (0.025 mag/h) du minimum long que KURTZ observera le 27 Novembre 1975 soit quatre périodes plus tard. L'écart de 4 périodes permet de positionner l'instant du minimum à JJ h \acute{e} l. 24 42 689.884 soit le 15 Août à 9.2h TU, environ 7 heures après la fin des observations. Le résultat de Vars permet donc de confirmer que la demi-durée du minimum long est au moins égal à une dizaine d'heures, ce qui est en bon accord avec les déterminations précédentes.

• 3 Septembre et 25 Octobre 1978 : un petit nombre d'estimations ont été effectuées par FGR au cours de ces deux soirées, le 3 Septembre de 20h à 24h TU pour un instant du minimum secondaire prévu à 20h TU (si $\psi = .420$, avec phase constante pour le minimum II) ou vers 12-13h TU ($\psi = .408$, selon mouvement apsidal) ; et le 25 Octobre de 17h50 à 19h30 pour un minimum prévu à 17h TU ($\psi = .420$) ou vers 10h TU ($\psi = .408$). Les estimations de FGR sont assez bruitées si bien qu'il est difficile de définir une pente dans un sens ou dans l'autre avec certitude. Pour les deux soirées, la magnitude moyenne est un peu inférieure à la valeur 5.52 typique de l'observateur, le 3 Septembre de 0.035 mag et le 25 Octobre de 0.015 mag. L'insignifiance de ces écarts paraît exclure la proximité immédiate du minimum secondaire d'amplitude 0.2 mag, donc milite en faveur du mouvement apsidal.

Notons la confirmation apportée par MIS : 7 mesures le 25 Octobre de 19h30 à 20h20 et montrant l'étoile pratiquement au niveau du maximum d'éclat.

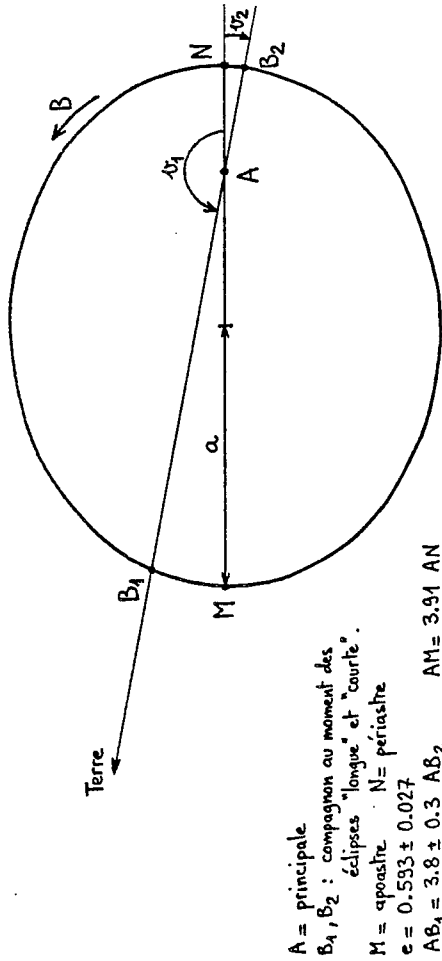
• 20 Novembre 1978 : 39 estimations ont été effectuées par FGR de 17h30 à 23h03 TU et 11 par MIS de 19h16 à 22h00 TU. Cette fois-ci la couverture des observations est satisfaisante. Le minimum secondaire était attendu vers 15.7h TU ($\psi = .420$) et pourtant FGR notait la fin d'éclipse dès 19h10, tandis que MIS, débutant les observations à 19h16, trouvait 1 Per au maximum d'éclat. Sur la base des observations FGR, et en admettant une demi-éclipse de durée 11 heures, on est conduit à placer le minimum II à la phase $\psi = .408$ et donc à admettre la réalité du mouvement apsidal. En admettant cette valeur de phase, on obtient par régression linéaire (sur les phases des 4 minimums II déjà déterminés),

On tire: $\alpha = 0.22 \pm 0.02$ et $E/F = 4.23 \pm 0.71$ d'où $\Delta m = 1.57 \pm 0.16$ mag, Δm étant la différence de magnitude entre les deux composantes. Notons que nous avons tenu compte, pour définir nos bandes d'erreur, d'une incertitude sur β ($\beta = 0.95 \pm 0.05$). La variation de β de 1 à 0.9 fait baisser d'environ 10% le rapport E/F mais l'incidence est plus faible sur α (2% seulement).

On constate que Δm est inférieur à deux magnitudes. Un rapport de 4 à 5 entre les éclats des deux composantes signifie que le compagnon est encore de spectre B, B5 V par exemple. Sa masse m est de l'ordre de 4 à 5 M_{\odot} si l'on applique l'approximation masse-luminosité (soit environ 65% de la masse de la principale). Le rayon d'une étoile B5 V est de l'ordre de 3 à 4 R_{\odot} mais nous pouvons chercher à confirmer cette valeur du rayon par des considérations géométriques, puis que nous connaissons les valeurs de α et β .

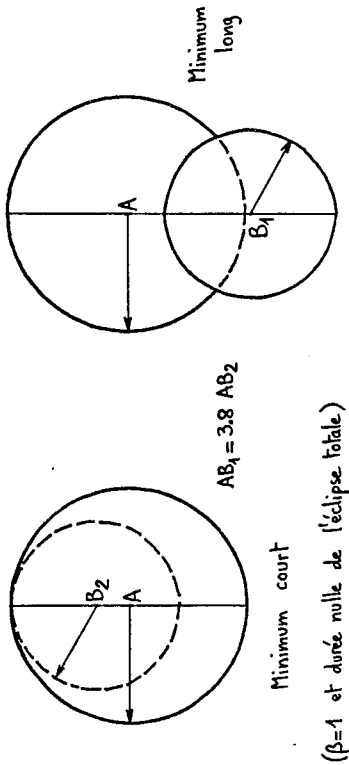
Nous avons estimé à 3.3 le rapport de la durée des deux éclipses d'après l'allure des courbes reconstituées aux figures 7 et 8. Cette valeur nous donne une indication du rapport des vitesses de défilement du compagnon, derrière et devant la principale au moment des deux éclipses. Cette indication est donnée par défaut, parce que le minimum court est plus proche du cas de l'éclipse centrale que le minimum long. En conséquence, nous avons adopté la valeur de 3.8 ± 0.3 pour le rapport des vitesses de défilement. Cette valeur représente aussi le rapport des distances entre la principale et le compagnon au moment des deux éclipses (rapport des rayons-vecteurs). L'excentricité de l'orbite dépasse donc nécessairement la valeur de 0.58 ± 0.03 qui serait obtenue si la Terre était alignée avec les foyers de l'ellipse au moment des éclipses, c'est-à-dire si le minimum secondaire se produisait au milieu de la période séparant deux minimums primaires.

Comme le minimum secondaire se produit à la phase 0.42 on peut adopter l'ellipse de la figure 11, d'excentricité 0.593, comme représentation approximative de l'orbite de 1 Persei:



A = principale.
 β_1, β_2 : compagnon au moment des éclipses "longue" et "courte".
M = apogée. N = périastre.
 $e = 0.593 \pm 0.027$
 $AB_1 = 3.8 \pm 0.3$ AB_2 $AN = 3.91$ AN
 $\omega_1 = 163.7 \pm 0.8$ $\omega_2 = -10.3 \pm 0.8$

Figure 11. Modèle pour l'orbite de 1 Persei. Le rayon visuel contenant la Terre se projette sur le plan de l'orbite selon $B_1 B_2$. ν est l'anomalie de B comptée à partir du périastre ($\nu_1 - \nu_2 = \pi$).



($\beta = 1$ et durée nulle de l'éclipse totale)

Figure 12. Les deux éclipses de 1 Persei vues de la Terre.

La figure 12 montre l'aspect du système de 1 Persei, vu de la Terre, ainsi qu'il est possible de se l'imaginer au moyen des hypothèses précédentes. R est le rayon de la composante principale et r celui du compagnon. Connaissant α et β , nous pouvons déterminer à présent r en fonction de R.

Pour la valeur de α obtenue précédemment: $\alpha = 0.22$ (c'est-à-dire 22% de la surface de la principale occultée au minimum long) on trouve: $r = 0.72 R$, si l'on admet la tangence interne des disques stellaires au minimum court ($\beta = 1$). Pour $\beta = 0.9$ on trouve: $r = 0.85 R$. Il est remarquable que ces deux résultats soient très peu sensibles aux incertitudes entachant α et AB_1/AB_2 . On constate donc que la solution géométrique donne une valeur assez précise du rapport r/R. Cette valeur se trouve du reste en excellent accord avec celle déterminée précédemment par la considération des luminosités des deux composantes (à savoir $r = 3$ à $4 R_{\odot}$). En effet, pour une principale de rayon $R = 4.5 \pm 1.5 R_{\odot}$ on obtient un compagnon de rayon $r = 3 \pm 1 R_{\odot}$ ($\beta = 1$) à $r = 4 \pm 1.3 R_{\odot}$ ($\beta = 0.9$).

La masse de l'ensemble du système 1 Persei étant voisine de $11.5 \pm 1.5 M_{\odot}$ ($M = 7 \pm 1 M_{\odot}$ pour la principale; $m = 4.5 \pm 1 M_{\odot}$ pour le compagnon) nous pouvons calculer "a" le demi grand-axe de l'orbite par la loi de Képler: $a = 83 \pm 4 R_{\odot}$ (demi petit-axe $b = 67 R_{\odot}$)

Prenant en compte à présent la vitesse de défilement du compagnon sur l'orbite (la vitesse selon la composante perpendiculaire au rayon-vecteur), on déduit la durée que devrait avoir l'éclipse courte: La vitesse de défilement au minimum court est de $1.65 \pm 0.11 R_{\odot}/\text{heure}$ (pour $e = 0.593 \pm 0.027$ et $a = 83 \pm 4 R_{\odot}$) et la distance à couvrir correspondant à l'éclipse courte est de $3.4 R$ (si $r = 0.72 R$) ou $3.6 R$ (si $r = 0.85 R$). En conséquence, la durée de l'éclipse courte est de 9.3 ± 0.6 h pour $R = 4.5 R_{\odot}$ (et $\beta = 1$). Ce résultat est très sensible à l'incertitude sur le rayon réel de la principale. Ainsi pour $R = 3 R_{\odot}$ à $R = 6 R_{\odot}$ ($\beta = 1$) on obtient respectivement une durée de 6.2 ± 0.4 h à 12.4 ± 0.8 h pour l'éclipse courte. La durée observée de l'éclipse courte (7 heures) serait obtenue pour $R = 3.4 R_{\odot}$.

A ce stade nous pouvons récapituler les grandeurs caractéristiques approximatives du modèle que nous proposons pour 1 Persei.

Principaux $M = 7 M_{\odot}$ $R = 3.4 R_{\odot}$ $E/F = 4.5$ $\Delta m = 1.6 \text{ mag}$
 Compagnon $m = 4 M_{\odot}$ $r = 2.4 R_{\odot}$ $\beta = 1$ $\alpha = 0.22$
 Orbite $a = 82 R_{\odot}$ $e = 0.6$ $i = 1.6^{\circ}$ (inclinaison de l'orbite)

La principale inconnue étant en fait la masse, voici ce que serait par exemple un modèle supposant une principale plus massive: $M = 12 M_{\odot}$ et un rapport $m/M = 0.5$:

Principale $M = 12 M_{\odot}$ $R = 4 R_{\odot}$ $a = 96 R_{\odot}$ $e = 0.6$
 Compagnon $m = 6 M_{\odot}$ $r = 3 R_{\odot}$

La variation de la phase du minimum secondaire permet de faire quelques suppositions concernant le mouvement apsidal. Pour une excentricité de 0.6, la diminution de 0.00235 phase/an correspond à une variation de 0.306°/an de l'anomalie excentrique. En conséquence l'ordre de grandeur de la période du mouvement apsidal est de 1180 ans. Et le minimum secondaire devait se produire à la phase 0.5 vers l'année 1941.

3.7 Variation des vitesses radiales de 1 Persei

Dans une de ses communications personnelles, NORTH (1978b) nous a transmis les résultats de l'analyse par transformée de Fourier des vitesses radiales publiées dans la littérature. Il y a 6 pics principaux correspondant aux périodes: 2.8 3.7 9.2 12.9 25.8 et 221.3 jours. On constate donc la présence d'un pic à proximité de notre période de 25.939 jours.

Ce résultat positif nous a engagés à effectuer le compositage selon notre éphéméride (A) des 59 mesures publiées par BEARDSLEY (1969). Il s'agit de mesures effectuées de Septembre 1912 à Novembre 1915 à l'observatoire Allegheny de l'Université de Pittsburgh. La courbe moyenne fait l'objet de la figure 13. La vitesse radiale apparaît variable avec une amplitude d'environ 50 km/s autour de sa valeur moyenne de -12 km/s. En pointillés nous avons tracé les courbes théoriques de variation de la vitesse radiale pour une orbite elliptique d'excentricité 0.6 et pour deux valeurs de l'anomalie excentrique $v_2 = +10^{\circ}$ et $v_2 = +20^{\circ}$ (ces valeurs encadrant la valeur extrapolée pour les années 1912-1915).

Les courbes théoriques ont été tracées pour le rapport $m/M = 0.13$ qui permet une bonne coïncidence entre amplitudes calculées et observées. Le résultat le plus remarquable est l'accord, en phase, entre les mesures de 1912-15 et notre éphéméride qui est en principe extrapolable sur 60 ans puisque notre bande d'erreur (pour une période constante) est encore très étroite (± 0.03 phase) pour l'époque des mesures publiées par BEARDSLEY. Il serait hasardeux toutefois de corriger notre éphéméride en fonction de ce nouvel élément car la courbe de vitesse radiale est mal définie en raison des mesures originales très bruitées.

En figure 14, nous présentons le compositage, selon notre éphéméride, des 16 mesures de vitesse radiale effectuées par BLAAUW et VAN ALBADA en Novembre et Décembre 1956 à l'observatoire MacDonald. Ici-encore, l'accord des phases est bon comme le montre la courbe théorique tracée en pointillés ($e = 0.6$ $v_2 = -5^{\circ}$ $m/M = 0.13$) mais le petit nombre des mesures et leur mauvaise répartition en phase ne permet pas d'apporter des précisions complémentaires.

Nous constatons donc que les mesures de BEARDSLEY et de VAN ALBADA confirment notre éphéméride, toutefois il y a lieu de noter :

- la dispersion élevée des mesures de vitesse radiale
- le fait qu'il faille adopter une masse très faible pour le compagnon pour obtenir une représentation satisfaisante.

Considérons à présent le résultat publié par FROST, BARRETT et STRUVE en 1928: Ils ont relevé, sur une seule plaque, deux composantes pour 1 Persei avec les vitesses 14.1 km/s et 161.6 km/s. Cette unique mesure de duplicité spectroscopique a été effectuée en 1913 (6.297 Septembre) à la phase 0.25 de notre éphéméride, donc à une phase effectivement

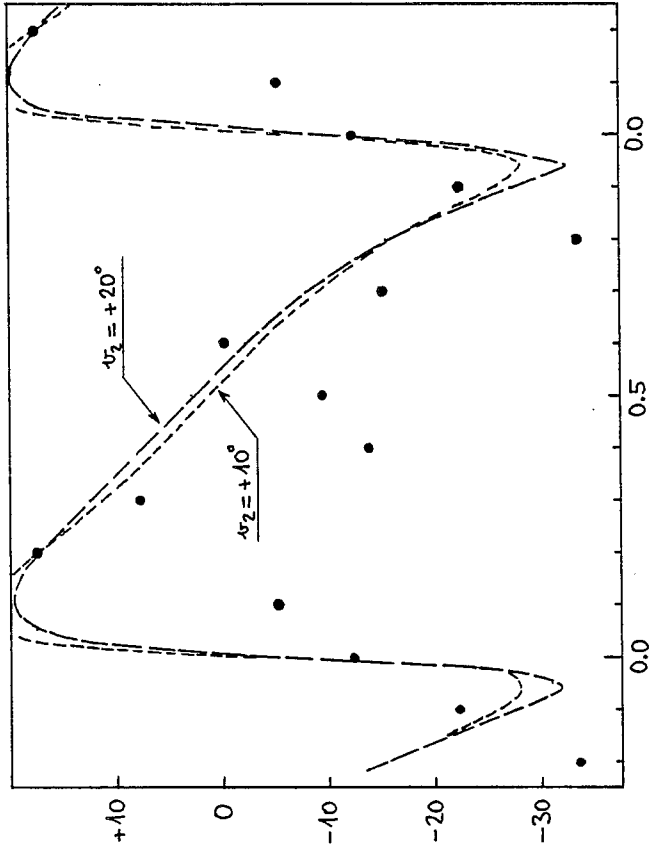


Figure 13. Compositage des mesures publiées par BEARDSLEY. Les points sont des moyennes sur 0.1 phase.

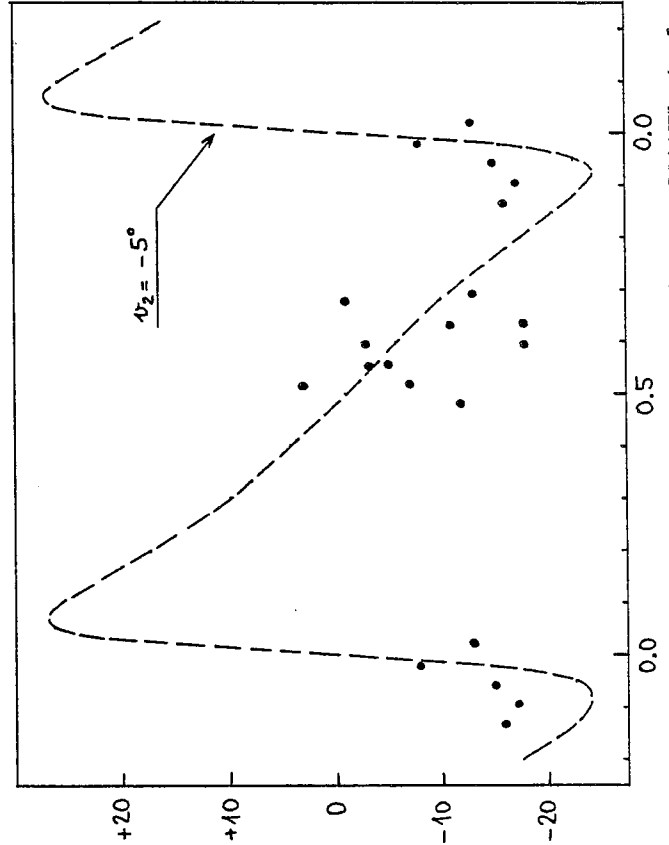


Figure 14. Compositage des mesures publiées par BLAAUW et al. Les points représentent les mesures originales.

BIBLIOGRAPHIE (Ordre chronologique)

FROST, E. B., BARRETT, S. B. and STRUVE, O., 1928, *Astrroph. J.*, 64, 1.
 "Radial Velocities of 368 Helium-stars".
 SLETTEBACK and HOWARD, 1955, *Astrroph. J.*, 121, 102.
 BLAAUW, A. and VAN ALBADA, T. S., 1963, *Astrroph. J.*, 137, 791. "Radial Velocities of B-type stars in the nearest associations".
 DIVAN, L., 1966, *IAU Symposium* 24, 311. "List of spectrophotometric standards in use at the IAP".
 BATTEN, A. H., 1967, 6th Catalogue of spectroscopic binaries.
 LESH, J., 1968, *Ap. J. Suppl.* 17, 371. "The kinematics of the Gould Belt: an expanding group?"
 BEARDSLEY, W., 1969, Publications of the Allegheny Observatory, 8, 7-92. "The radial velocities of 129 stars in the years 1906-1917".
 BLANCO, V. M. and al., 1970, *Photoelectric Catalogue (USNOC)*.
 SCHNEIDER, M., 1972, *Clichothèque de l'OHP*, 5, 3. "Spectre de 1 Persei pris en 1971, 19.862 OCT".
 RUFENER, F. and MAURON, N., 1975 (Avril), *Communication personnelle*.
 LECACHEUX, J., 1975 (15 Octobre), *GEOS NC 109*, "L'étoile suspecte 1 Per".
 RUFENER, F., 1976, *Astron. Astroph. Suppl.* 26, 275-351. "Second Catalogue of Stars measured in the Geneva Observatory Photometric System".
 BRUNET, J. P., 1976 (Mars), *Communication Personnelle*. "Mesures photométriques UVB de 1 Persei".
 KUGHTO, S., 1976 (21 Avril), *GEOS NC 124 B*, "Symposium Marly 76".
 NORTH, P., 1977 (Mai), *Communication personnelle*. "1977. Ephémérides de 1 Per".
 IBEN, I., RENZINI, A., SCHRAMM, D. N., 1977, 7th advanced course Swiss Society of Astronomy and Astrophysics. "Advanced Stages in Stellar Evolution".
 KURTZ, D., 1977, *PASP*, 89, 939-940. "The photometric variability of 1 Persei".
 BATTEN, A. H., 1978, 7th Catalogue of spectroscopic binaries.
 RUFENER, F., MAEDER, A. and BURKI, G., 1978, *Astron. Astroph. Suppl.* 31, 179-188. "Variable Stars of Small Amplitude. II. Light variations of 7 supergiants of types B2 to G0 in the Geneva observatory photometric system".
 FIGER, A., 1978 (31 Mai), *GEOS NC 189*. "Symposium Marly 78: Le retour de l'étoile 1 Persei".
 NORTH, P., 1978a (11 Juillet), *Communication personnelle*. "1 Per: Ephémérides pour 1978-79".
 LECACHEUX, J., 1978 (11 Août), *Communication personnelle*. "Etude sur 1 Persei".
 NORTH, P., 1978b (01 Décembre), *Communication personnelle*. "1 Per: Liste des mesures anormales de Genève; Courbe de lumière moyenne des mesures de Genève; Analyse par transformée de Fourier des vitesses radiales publiées".
 LECACHEUX, J., 1979, Programmes de calcul sur HP67. "Orbites képlériennes". "Courbes de vitesses radiales".

assez favorable pour découvrir la duplicité. La vitesse radiale de la principale 14.1 km/s est en bon accord avec la valeur d'environ 15 km/s que l'on relève sur la courbe théorique de la figure 13. En revanche, le compagnon devrait avoir une vitesse de -115 km/s dans les mêmes hypothèses ($m/M = 0.13$) et non pas de +161.6 km/s !

4. CONCLUSION

Nous pensons, par cette étude, avoir démontré les propositions suivantes:
 • 1 Persei est une binaire à éclipses de type EA et de période 25.939 jours et elle a une orbite elliptique d'excentricité voisine de 0.6.
 L'éphéméride suivante donne les instants des minimums courts:

$$\text{Minimum court} = \text{JJ h} \text{él. } 24 \text{ h} 3 \text{ } 510.9942 \pm 25.93886 \text{ E} \\ \pm 124 \pm 70$$

Les minimums longs se produisent vers la phase 0.42 (époque 1972-75).
 • Les minimums courts ont une durée de $7h00 \pm 20mn$ et sont environ 3.3 fois plus courts que les minimums longs.
 L'amplitude des deux types de minimums est voisine: 0.22 ± 0.02 magnitude pour les minimums courts et 0.21 ± 0.015 magnitude pour les minimums longs. En conséquence les minimums courts ne sont pas nécessairement les minimums primaires, toutefois nous avons admis cette équivalence tout au long de l'étude, pour la clarté de l'exposé.
 • Les minimums courts se produisent un peu avant le périastre par l'occultation totale ou quasi-totale du compagnon, de spectre possible B 5 V, par la principale B 1.5 V. Les minimums longs se produisent avant l'apocentre par l'occultation partielle de la principale ($22 \pm 2\%$ en surface) par une partie du compagnon.

• Le compagnon a une luminosité 4 à 5 fois plus faible que la principale. Son rayon atteint 70 à 75% de celui de la principale et sa masse sinon 65% (selon l'approximation masse - luminosité) au moins 30%. Une luminosité et une masse aussi importantes pour le compagnon montrent que 1 Persei devrait être une binaire spectroscopique observable. (Cependant la rotation rapide de l'étoile ne facilite certainement pas cette détection; en effet $U \sin i = 210 \pm 50 \text{ km/s}$ selon SLETTEBACK et al. (1955))
 L'existence d'un mouvement apsidal d'une période de l'ordre de 1000 ans est très probable. Dans ces conditions la phase du minimum secondaire, qui était de 0.5 vers 1941, et de 0.41 en 1978, atteindrait son prochain minimum (phase 0.1) dans 300 ans environ.

Le problème qui demeure posé par le système 1 Persei est celui du rapport des masses des deux composantes. Ce rapport devrait être voisin de 0.65 si l'on souhaitait rendre compte du mieux possible des mesures d'éclat actuellement disponibles. Par contre il devrait être de l'ordre de 0.13 seulement si l'on ne se fait qu'aux mesures de vitesse radiale. En conséquence le compagnon est certainement sous-massif mais la question des vitesses radiales devrait être approfondie: les observateurs disposent à présent d'une éphéméride de bonne qualité et il serait favorable de conclure en prenant des spectres à haute résolution aux phases favorables.

De son côté, le GEOS continuera l'observation visuelle de 1 Persei dans le but de préciser la durée de l'éclipse secondaire, la forme de la courbe lors des minimums, et la période du mouvement apsidal.

A. FIGER et L. MAURIN