

**Zeitschrift:** Archives des sciences physiques et naturelles  
**Herausgeber:** Société de Physique et d'Histoire Naturelle de Genève  
**Band:** 10 (1928)

**Artikel:** Étude sur l'étoile variable X Sagittarii  
**Autor:** Tiercy, Georges  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-742787>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 07.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

ÉTUDE  
SUR  
L'ÉTOILE VARIABLE X SAGITTARI

PAR  
**Georges TIERCY**

(Avec 10 fig.)

§ 1. — LES DONNÉES NUMÉRIQUES; LES CLICHÉS; LES PHASES.

1. — Les clichés qui servent de base à la présente étude sont au nombre de vingt et un; je les ai pris à l'Observatoire d'Arcetri (Florence), entre le 9 juin et le 22 août 1927, au moyen du petit télescope de trente centimètres de diamètre couplé sur l'équatorial Peratoner<sup>1</sup>. Ces plaques portent les numéros E 105-106-107-108-110-114-116-117-118-121-122-123-124-125-126-127-128-130-135-136-138. Je les ai développées et mesurées à Arcetri; les calculs ont été effectués à Genève.

2. — Les données numériques relatives à *X Sagittarii* ont été tirées du catalogue de M. R. Prager (Berlin, 1926); ce sont:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Epoque} = 2402854^{\text{d}},389 ; \\ \text{Période} = 7^{\text{d}},01188 ; \\ M - m = 2^{\text{d}},896 ; \end{array} \right.$$

l'époque en temps moyen d'Arcetri est donc 2402854<sup>d</sup>,420265.

On trouvera dans le tableau ci-dessous la date et la phase de chaque cliché.

<sup>1</sup> Description dans *Publicazioni del R. Osservatorio di Arcetri*, fascicolo 41, 1924.

Plaque	Date	Date en J. J.	Phase
	1927	d	d
E 105	9 juin	2425041,428	1,419
106	10 »	5042,504	2,495
107	18 »	5050,438	3,418
108	19 »	5051,410	4,390
110	20 »	5052,504	5,484
114	3 juillet	5065,408	4,364
116	4 »	5066,405	5,361
117	5 »	5067,427	6,383
118	7 »	5069,420	1,364
121	20 »	5082,426	0,346
122	21 »	5083,421	1,341
123	24 »	5086,433	4,353
124	25 »	5087,422	5,342
125	26 »	5088,432	6,352
126	27 »	5089,412	0,320
127	29 »	5091,462	2,370
128	30 »	5092,417	3,325
130	1 août	5094,413	5,321
135	17 »	5110,378	0,251
136	21 »	5114,393	4,266
138	22 »	5115,387	5,260

3. — La méthode qui a permis d'établir la forme de la courbe de lumière en partant des mesures spectrales a été exposée dans le fascicule 44 des « *Publicazioni del R. Osservatorio di Arcetri* », et dans le fascicule 2 de la série d'Astronomie des « *Publications de l'Observatoire de Genève* <sup>1</sup> ».

Il convient d'indiquer ici une simplification dans l'emploi des formules servant à réduire les mesures des largeurs de raies et des longueurs de spectres à ce qu'elles seraient si les temps effectifs des poses avaient été identiques. Les formules indiquées dans le fascicule 2 des présentes Publications reviennent, au fond, à une seule:

$$l' = l + (L - l) \cdot (0,105) \frac{t' - t}{t}, \quad (t' > t),$$

qui devient:

$$l' = l - (L - l) \cdot (0,105) \frac{t - t'}{t'} \quad \text{pour} \quad (t' < t);$$

<sup>1</sup> Voir aussi: *Archives*, (5), 10, p. 107 (1928).

on a fait  $\mathcal{L} = 3000$  pour la partie du spectre qui précède la raie  $H\beta$  du côté du rouge,  $\mathcal{L} = 6000$  pour la partie qui suit la raie K du côté de l'ultra-violet, et  $\mathcal{L} = 0$  pour les raies.

## § 2. — RAPPORT ( $q$ ) ET COURBE ( $q$ ).

4. — Les vingt et une plaques sont des « Cappelli-blu » de 1927; elles sont donc de même qualité. Cependant, et comme ce fut le cas pour *T Vulpeculae*<sup>1</sup>, les durées effectives des poses ne sont pas les mêmes pour toutes les plaques, non plus que les largeurs des spectres obtenus. On a indiqué, dans le tableau qui suit, les durées effectives des poses, les largeurs des spectres mesurés en  $\mu$ , et les durées effectives des poses ramenées à ce qu'elles seraient si tous les spectres avaient exactement 100  $\mu$  de largeur, leurs autres qualités étant conservées; c'est là, évidemment, une première condition à réaliser, avant toute autre comparaison.

Plaque	Durée réelle de pose	Largeur du spectre obtenu	Durée pour 100 $\mu$ de largeur
	min.	$\mu$	min.
E 105	8	100	8
106	12	90	13
107	8	100	8
108	12	110	11
110	16	205	8
114	30	140	21
116	30	135	22
117	30	200	15
118	30	165	18
121	30	225	13
122	30	185	16
123	30	225	13
124	30	220	14
125	30	255	12
126	30	265	11
127	30	315	10
128	30	230	13
130	30	190	16
135	30	190	16
136	30	290	10
138	30	265	11

<sup>1</sup> *Arch.*, (5), 10, p. 107, et *Publ. de l'Observatoire de Genève*, fasc. 2.



Les temps de la dernière colonne sont ceux adoptés pour construire les tableaux suivants, où toutes les durées de poses ont été ramenées à 12 minutes.

*Calcul des (d) et des (t) en  $\mu$ .*

La longueur totale maximum du spectre est théoriquement:

$$L = 6000 + 11\,780 + 3000 = 20\,780 \mu,$$

ce qui donne (voir les deux tableaux, p. 163):

Faisons immédiatement une remarque relative à la plaque E 118. Le 7 juillet 1927, il faisait un ciel idéal; et l'on voyait beaucoup plus d'étoiles à l'œil nu que d'habitude, notamment que les jours précédents; l'absorption atmosphérique était donc moindre; le résultat fut un spectre remarquablement allongé. Des comparaisons de spectres d'étoiles invariables ont montré qu'il faudra multiplier par  $5/4$  la valeur qu'on trouvera pour ( $q$ ), afin d'avoir la valeur que l'on aurait obtenue si le ciel avait été un ciel beau ordinaire, mais non pas exceptionnel.

*Calcul des rapports ( $q$ ).*

Plaque	$d$	$t$	$y$	$x = L - y$	$q = \frac{y}{x}$
E 135	<sup><math>\mu</math></sup> 5855	<sup><math>\mu</math></sup> 1154	<sup><math>\mu</math></sup> 7009	<sup><math>\mu</math></sup> 13771	0,509
126	2982	3774	6756	14024	0,482
121	5651	1500	7151	13629	0,525
122	6068	1580	7648	13132	0,582
118	1729	4711	6540	14240	(0,459) (0,574)
105	7201	500	7701	13079	0,588
127	8318	486	8804	11976	0,735
106	6478	1837	8315	12465	0,665
128	7126	1744	8870	11910	0,745
107	6318	2304	8622	12158	0,709
136	8646	670	9316	11464	0,813
123	8479	854	9333	11447	0,815
114	6288	2586	8874	11906	0,745
108	8304	599	8903	11877	0,749
138	8228	773	9001	11779	0,764
130	8045	1031	9076	11704	0,775
124	7156	1791	8947	11833	0,756
116	7313	1517	8830	11950	0,739
110	8442	329	8771	12009	0,730
125	5472	1454	6924	13856	0,500
117	4020	2403	6423	14357	0,447

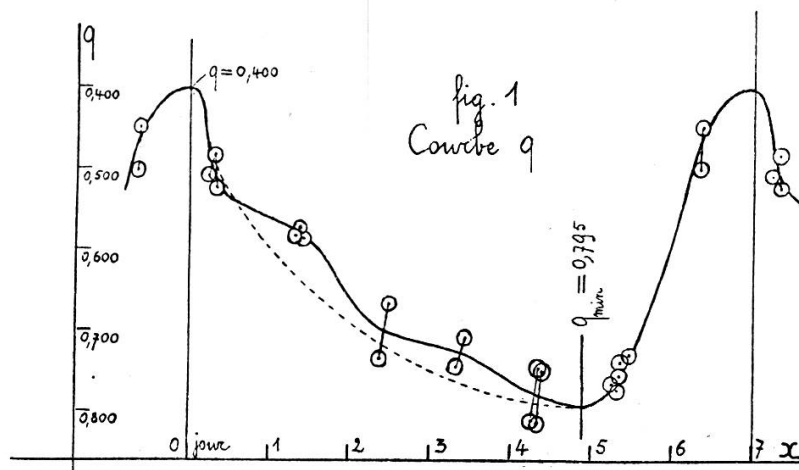
*Calcul des (d).*

Plaque	Pose	Mesures directes		Réduction à 12 min.		L — d	d
		Avant H <sub>β</sub>	Après K	Avant H <sub>β</sub>	Après K		
E135	Min.	μ	μ	μ	μ	μ	μ
126	16	1782	1573	1740	1405	14925	5855
121	11	1798	4190	1810	4208	17798	2982
122	13	1621	1834	1594	1755	15129	5651
118	16	1373	1758	1318	1614	14712	6068
105	18	2385	4972	2353	4918	19051	1729
107	8	1404	0	1487	312	13579	7201
127	10	1150	—640	1189	—507	12462	8318
106	13	535	2058	513	2025	14318	6478
128	13	1422	515	1408	466	13654	7126
107	8	1254	1100	1345	1337	14462	6318
136	10	882	—700	924	—570	12134	8646
123	13	1237	—640	1221	—700	12301	8479
114	21	1662	1500	1559	1153	14492	6288
108	11	1260	—640	1276	—580	12476	8304
138	11	1495	—800	1509	—737	12552	8228
130	16	1315	—500	1263	—298	12745	8045
124	14	1286	673	1262	582	13624	7156
116	22	1670	600	1550	137	13467	7313
110	8	995	—900	1099	—541	12338	8442
125	12	1728	1800	1728	1800	15308	5472
117	15	1800	3250	1780	3290	16760	4020

*Calcul des (t).*

Plaque	Pose (min.)	Mesures directes					Réduction à 12 min					Autres raies		Total t
		H <sub>β</sub>	H <sub>γ</sub>	H <sub>δ</sub>	H	K	H <sub>β</sub>	H <sub>γ</sub>	H <sub>δ</sub>	H	K	Av. H <sub>β</sub>	Après K	
E135	16	52	57	89	170	215	54	59	92	176	223	350	200	1154
126	11	76	65	73	177	190	75	64	72	175	188	400	2800	3774
121	13	96	60	62	230	240	98	61	63	234	244	400	400	1500
122	16	51	50	69	213	224	53	52	71	221	233	400	550	1580
118	18	46	50	58	105	132	48	52	61	111	139	800	3500	4711
105	8	45	65	58	200	—	43	62	55	190	—	0	150	500
127	10	42	79	70	—	—	41	77	68	—	—	300	—	486
106	13	—	60	44	208	220	—	61	44	210	222	0	1300	1837
128	13	30	46	57	266	339	30	46	58	268	342	700	300	1744
107	8	—	49	51	255	280	—	47	49	242	266	600	1100	2304
136	10	14	90	70	—	—	14	88	68	—	—	500	—	670
123	13	92	65	94	—	—	93	66	95	—	—	600	—	854
114	21	25	41	40	245	265	27	44	43	265	287	800	1100	2586
108	11	60	72	70	—	—	59	71	69	—	—	400	—	599
138	11	48	64	64	—	—	47	63	63	—	—	600	—	773
130	16	40	60	66	250	—	42	62	68	259	—	600	—	1031
124	14	64	63	54	240	308	65	64	55	244	313	650	400	1791
116	22	35	58	57	200	307	38	63	63	218	335	700	100	1517
110	8	—	73	62	—	—	—	70	59	—	—	200	—	329
125	12	96	65	43	200	250	96	65	43	200	250	300	500	1454
117	15	45	40	57	165	182	47	41	59	169	187	400	1500	2403

5. — *Courbe (q).* — On déduit du tableau de la p. 162 la courbe que voici:



Elle présente une ondulation secondaire bien marquée entre  $0^d,6$  et  $2^d$ ; et peut-être une deuxième ondulation secondaire, plus faible, entre  $2^d,5$  et le minimum de lumière. D'autre part, la phase de celui-ci semble être  $4^d,9$ ; elle est beaucoup plus tardive que celle indiquée par Pickering et Moore ( $3^d,8$ ) ou par Prager ( $4^d,1$ ).

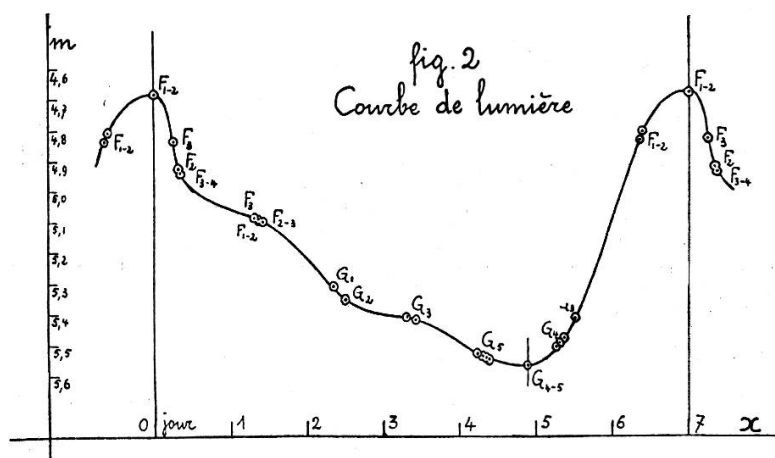
### § 3. — LA COURBE DE LUMIÈRE.

6. — On admettra la courbe ( $q$ ), telle qu'elle est fournie par les précédentes mesures de spectres; j'en ai déduit les magnitudes correspondant aux différents clichés, en adoptant les limites  $4^m,68$  et  $5^m,57$ . J'ai pris comme magnitude au maximum de lumière la moyenne des valeurs indiquées respectivement par Prager ( $5^m,0$ ; *Catalogue, Berlin, 1928*) et par Pickering ( $4^m,35$ ; *Harvard Annals, 1903*), c'est-à-dire  $4^m,68$ . De même, comme écart de magnitude entre le maximum et le minimum de lumière, j'ai pris la moyenne des valeurs données par ces deux auteurs (soit 1,1 et 0,67 respectivement), c'est-à-dire 0,89; on a donc  $5^m,57$  pour la magnitude au minimum de lumière. Ces deux limites correspondent aux mesures photométriques rapides auxquelles j'ai pu procéder. On obtient ainsi les magnitudes suivantes:

Plaque	Phase	Courbe (q)	m
Max.lum.	d		m
	0	0,400	4,68
E 135	0,251	0,470	4,84
126	0,320	0,510	4,93
121	0,346	0,515	4,94
122	1,341	0,580	5,09
118	1,364	0,582	5,09
105	1,419	0,585	5,10
127	2,370	0,686	5,32
106	2,495	0,700	5,36
128	3,325	0,726	5,41
107	3,418	0,730	5,42
136	4,266	0,776	5,53

Plaque	Phase	Courbe (q)	m
	d		m
123	4,353	0,780	5,54
114	4,364	0,781	5,54
108	4,390	0,784	5,55
Min.lum.	4,900	0,795	5,57
138	5,260	0,770	5,51
130	5,321	0,764	5,50
124	5,342	0,762	5,50
116	5,361	0,756	5,48
110	5,484	0,730	5,42
125	6,352	0,466	4,83
117	6,383	0,456	4,81
Max.lum.	7,012	0,400	4,68

7. — Le tableau précédent donne la courbe de lumière (fig. 2); j'y ai ajouté l'indication des spectres correspondant aux différents clichés.



La courbe est très sensiblement différente de celle de Pickering ou de Moore. On relève la présence d'une oscillation secondaire (et peut-être de deux) sur la branche descendante, alors que la courbe de Pickering-Moore est très simple. En outre, on obtient ici:

$$M - m = 2^{d,1}$$

alors que Pickering donne 3<sup>d</sup>,24 et Prager 2<sup>d</sup>,9.

8. — Constatons que la courbe de la figure (2) s'accorde beaucoup mieux avec les résultats obtenus par M. J. Voûte<sup>1</sup>.

M. J. Voûte a établi la courbe de lumière photographique de *X Sagittarii* en étudiant, au moyen d'un microphotomètre de Hartmann, une collection de 183 photographies du ciel (région de *X Sagittarii*). Il obtient ainsi 183 valeurs de la magnitude; ce qui lui permet de dessiner facilement une courbe moyenne de lumière. Cette courbe moyenne présente visiblement une légère ondulation secondaire dans les deux derniers tiers de sa branche descendante; mais je pense qu'en outre, elle présente une première ondulation secondaire, plus rapprochée que l'autre du maximum de lumière, et qui n'est pas marquée sur le tracé de Lembang.

On a reproduit ci-dessous les 183 « points » de M. J. Voûte; la courbe déduite (fig. 3, p. 170) est légèrement différente de la sienne, à cause de la présence de la première ondulation secondaire. Avec cette modification, on constate immédiatement que la courbe de Voûte se rapproche beaucoup de celle du n° 7.

La courbe de Voûte, nouveau tracé, donne:

$$M - m = 2^{\text{d}},1$$

comme la nôtre; la première ondulation secondaire, la plus importante, a lieu entre  $0^{\text{d}},7$  et  $2^{\text{d}}$  pour les deux courbes; la deuxième ondulation secondaire a lieu entre  $2^{\text{d}},5$  et  $4^{\text{d}},5$  sur notre courbe, tandis qu'elle se place entre  $2^{\text{d}}$  et  $3^{\text{d}},5$  sur celle de Voûte.

#### TABLEAU DES 183 « POINTS » DE M. J. VOÛTE.

(L'échelle de comparaison est établie par rapport à l'étoile 31 G *Sagittarii*, Boss 4577, dont la magnitude photographique est 5,90.)

<sup>1</sup> *Annalen von der Bosscha-Sterrenwacht*, Lembang 1927.

Phase Voûte	Echelle de compa- raison
d	m
0,105	—0,46
0,203	—0,36
0,247	—0,42
0,287	—0,28
0,362	—0,44
0,372	—0,44
0,433	—0,42
0,597	—0,36
0,606	—0,38
0,748	—0,46
0,756	—0,34
0,780	—0,44
0,784	—0,28
0,791	—0,28
0,794	—0,29
0,831	—0,29
0,838	—0,32
0,865	—0,36
0,885	—0,28
0,887	—0,32
0,899	—0,44
0,955	—0,32
1,062	—0,33
1,160	—0,31
1,168	—0,22
1,170	—0,20
1,182	—0,14
1,249	—0,11
1,266	—0,26
1,277	—0,30
1,304	—0,26
1,331	—0,11
1,366	—0,22
1,451	—0,20
1,470	—0,18
1,617	+0,02
1,625	—0,08

Phase Voûte	Echelle de compa- raison
d	m
1,792	+0,05
1,812	+0,08
1,812	+0,02
1,818	—0,09
1,828	—0,08
1,843	—0,12
1,847	—0,08
1,870	—0,02
1,871	+0,02
1,909	+0,01
1,962	—0,10
1,977	—0,02
1,999	—0,02
2,032	+0,14
2,226	+0,11
2,238	+0,04
2,245	+0,16
2,267	+0,02
2,313	+0,16
2,355	+0,10
2,444	+0,09
2,447	+0,11
2,452	+0,11
2,731	+0,12
2,740	+0,20
2,746	+0,20
2,753	+0,12
2,761	+0,15
2,790	+0,28
2,805	+0,19
2,807	+0,20
2,815	+0,20
2,822	+0,16
2,825	+0,24
2,845	+0,19
2,847	+0,17
2,855	+0,15
2,860	+0,18
2,884	+0,17
2,886	+0,18
2,897	+0,25

Phase Voûte	Echelle de compa- raison
d	m
2,911	+0,21
2,926	+0,22
2,965	+0,18
2,988	+0,11
3,046	+0,32
3,098	+0,23
3,141	+0,32
3,219	+0,22
3,232	+0,21
3,238	+0,21
3,242	+0,26
3,270	+0,25
3,331	+0,26
3,347	+0,31
3,357	+0,33
3,387	+0,30
3,422	+0,27
3,693	+0,11
3,703	+0,08
3,727	+0,14
3,735	+0,13
3,738	+0,14
3,745	+0,18
3,835	+0,15
3,838	+0,16
3,839	+0,14
3,843	+0,12
3,876	+0,03
3,888	+0,01
3,898	+0,16
3,960	+0,05
4,017	+0,10
4,094	+0,04
4,095	+0,15
4,154	+0,04
4,177	+0,02
4,257	+0,02
4,298	—0,02

Phase Voûte	Echelle de comparaison	Phase Voûte	Echelle de comparaison	Phase Voûte	Echelle de comparaison
d	m	d	m	d	m
4,384	—0,00	5,574	—0,97	6,184	—0,82
4,431	—0,22	5,585	—0,90	6,264	—0,72
4,436	—0,11	5,680	—0,91		
				6,310	—0,79
4,829	—0,60	5,686	—0,79	6,339	—0,67
4,833	—0,64	5,773	—0,86	6,343	—0,82
4,846	—0,58	5,781	—0,93	6,349	—0,66
4,853	—0,60	5,826	—0,94	6,357	—0,72
4,858	—0,46	5,826	—0,76	6,361	—0,70
4,872	—0,41	5,836	—0,88	6,419	—0,71
4,897	—0,75	5,836	—0,94		
		5,840	—0,80	6,515	—0,70
4,904	—0,76	5,858	—0,96	6,572	—0,72
4,907	—0,54	5,860	—0,94	6,710	—0,74
4,952	—0,44	5,869	—0,86		
4,995	—0,58	5,876	—0,84	6,816	—0,64
5,028	—0,54	5,877	—0,88	6,836	—0,67
5,029	—0,44	5,885	—0,86	6,864	—0,66
5,068	—0,58	5,887	—0,90	6,889	—0,49
		5,895	—0,88	6,894	—0,54
5,245	—0,78	5,950	—0,92		
5,251	—0,78			6,903	—0,48
5,424	—1,00	6,022	—0,80	6,920	—0,64
5,432	—0,97	6,048	—0,80	6,973	—0,67
		6,050	—0,88	7,001	—0,58
5,541	—0,94				

On a groupé les résultats correspondant à des phases rapprochées; la période entière a été répartie en intervalles de  $0^d,2$  chacun; cela a produit des groupes denses et des groupes faibles; il a donc fallu attribuer un poids à chacune des moyennes ainsi obtenues; le poids est indiqué par le nombre des « points » de Voûte qui ont constitué un groupe. On obtient alors le tableau réduit suivant (voir p. 169, premier tableau):

Le maximum de lumière correspond donc à la phase  $5^d,595$  et à la magnitude photographique  $4^m,96$ .

Si l'on désigne par  $0^d$  la phase du maximum de lumière, le tableau de la variation de magnitude devient (voir deuxième tableau, p. 169):



Poids	Phase moyen.	Echelle	Poids	Phase moyen.	Echelle	Poids	Phase moyen	Echelle
	d	m		d	m		d	m
4	0,210	—0,38	5	2,402	+0,11	4	5,338	—0,89
3	0,389	—0,43	18	2,815	+0,19	4	5,595	—0,94
2	0,602	—0,37	6	2,956	+0,21	17	5,844	—0,88
12	0,822	—0,34	6	3,224	+0,25	3	6,041	—0,83
2	1,008	—0,33	5	3,369	+0,29	2	6,224	—0,77
7	1,210	—0,22	13	3,797	+0,12	7	6,354	—0,72
5	1,384	—0,19	4	4,042	+0,09	3	6,599	—0,72
2	1,621	—0,03	4	4,222	+0,02	5	6,860	—0,60
9	1,833	—0,02	3	4,417	—0,11	4	6,949	—0,59
5	1,976	0,00	7	4,855	—0,58			
4	2,244	+0,08	7	4,983	—0,55			

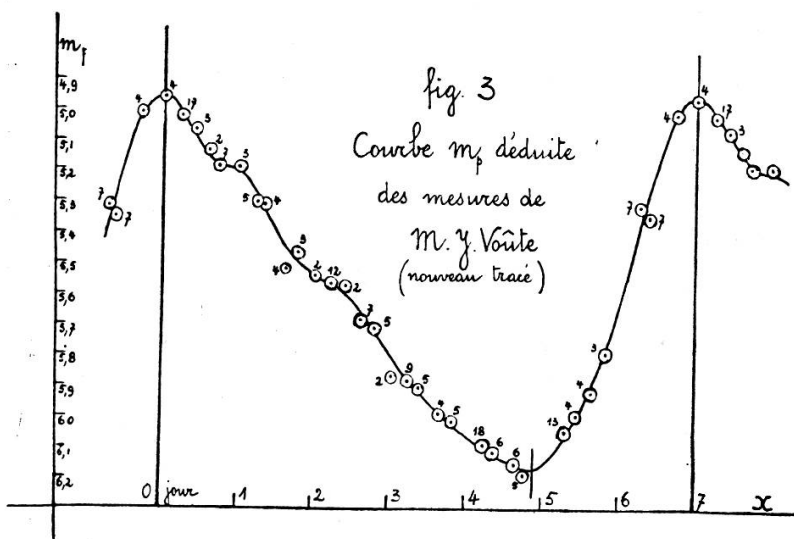
Poids	Phase	Magni- tude	Poids	Phase	Magni- tude	Poids	Phase	Magni- tude
	d	m		d	m		d	m
4	0	4,96	2	2,019	5,53	18	4,232	6,09
17	0,249	5,02	12	2,239	5,56	6	4,373	6,11
3	0,446	5,07	2	2,425	5,57	6	4,641	6,15
2	0,629	5,13	7	2,627	5,68	5	4,786	6,19
7	0,759	5,18	5	2,801	5,71	13	5,314	6,02
3	1,004	5,18	2	3,038	5,87	4	5,459	5,99
5	1,265	5,30	9	3,250	5,88	4	5,639	5,92
4	1,354	5,31	5	3,393	5,90	3	5,834	5,79
4	1,627	5,52	4	3,661	5,98	7	6,272	5,32
3	1,806	5,47	5	3,819	6,01	7	6,400	5,35
						4	6,665	5,01

*Courbe de  $m_p$  basée sur les mesures de M. J. Voute*  
(nouveau tracé).

9. — Il va sans dire que, pour faire la comparaison complète entre les deux courbes, il faudrait connaître la variation de l'index I de couleur pendant la variation lumineuse; nous établirons cette variation de I plus loin (§ 5); nous pourrions alors compléter les indications relatives à la comparaison de la courbe de M. J. Voute avec celle de la figure (2). Pour l'instant, il suffit de constater que la courbe « photographique » de Lembang semble bien présenter les mêmes ondulations secondaires que la courbe issue des études spectrales.



En outre (et ceci est essentiel), pour les deux courbes (fig. 2 et fig. 3), la valeur de  $(M - m)$  est très différente des valeurs précédemment admises. On constatera plus loin, en effet, que



cette nouvelle valeur  $M - m = 2^d,1$  s'accorde remarquablement avec les indications se rapportant à la courbe des vitesses radiales (voir n° 13); ce qui n'était pas le cas pour la courbe de lumière trouvée par Pickering ou Moore.

#### § 4. — COURBE DES VITESSES RADIALES, ET RAYONS.

10. — Pour arriver à connaître la variation du rayon  $R$  de l'étoile, il faut calculer le rayon au maximum de lumière et construire la courbe de pulsation.

Calculons d'abord le rayon  $R_1$  au maximum de lumière. Il faut, pour cela, connaître la grandeur absolue approximative au maximum de lumière; la courbe de H. SHAPLEY<sup>1</sup> donne:

$$(M_v)_1 = -2,6.$$

$M_v$  oscille donc entre  $-2,6$  et  $-1,7$ ; et l'on déduit du diagramme représentant la correspondance entre  $M_v$ , le type spectral et la masse  $\mu^2$  que celle-ci est approximativement  $\mu = 8,5$ .

<sup>1</sup> *Handbuch der Astrophysik*, Band VI, 2. Teil, p. 218.

<sup>2</sup> M. SEARES, *Astrophysical Journal*, 1922.

On trouve alors que la température  $T$  qui règne lors de la phase du maximum de lumière est de  $7300^\circ$  environ, comme cela sera établi au n° 12.

On cherche ensuite quelle serait la grandeur absolue  $M'_v$  de l'étoile, si, sans changer de diamètre, elle prenait la température de notre Soleil (environ  $6200^\circ$ ); la loi de Stephan donne:

$$E = \frac{a}{3} T^4 = \frac{a}{3} (7,3)^4 \cdot 10^{12} ;$$

$$E' = \frac{a}{3} T'^4 = \frac{a}{3} (6,2)^4 \cdot 10^{12} ;$$

$$\frac{E'}{E} = \left(\frac{6,2}{7,3}\right)^4 ; \quad \log \frac{E'}{E} = 4 \log \frac{6,2}{7,3} ;$$

et par la loi de Pogson on trouve:

$$M_v - M'_v = 2,5 \log \frac{E'}{E} = 10 \log \frac{6,2}{7,3} = -0,71 ;$$

$$M'_v = M_v + 0,71 = -2,60 + 0,71 = -1,89 ;$$

Or, la grandeur absolue du Soleil est  $M_s = 4,83$ ; d'où:

$$M_s - M'_v = 4,83 + 1,89 = 6,72 ;$$

$$\log \frac{E'}{E_s} = (0,4) (6,72) = 2,688 ;$$

$$\frac{E}{E_s} = 487,6 ; \quad R_1 = R_s \sqrt{487,6} ; \quad R_s = 1 ; \quad R_1 = 22,1 .$$

11. — On peut aussi trouver la masse  $\mu$  et le rayon  $R_1$  en utilisant les tableaux numériques de M. SEARES (*Astrophysical Journal*, 1922); on en déduit les indications suivantes, relatives au type spectral  $F_{1-2}$  et à la valeur  $M_v = -2,6$  de la grandeur absolue:

$$\left\{ \begin{array}{ll} \mu = 8,6 ; & \text{rayon} = 23 ; \\ \log \rho = \bar{3},4 ; & \rho = \text{densité moyenne} = 0,0025 . \end{array} \right.$$

C'est, à peu près, les valeurs trouvées au n° 10, et que nous conserverons:

$$\mu = 8,5 \quad \text{et} \quad R_1 = 22,1 .$$

12. — Il reste à montrer comment on peut trouver la valeur approximative de la température effective lors du maximum de lumière.

Pour cela, rappelons une relation donnée par M. A.-S. EDDINGTON, suivant laquelle, pour des « géants » de même masse, la température effective serait proportionnelle à la racine sixième de la densité moyenne :

$$T = n \sqrt[6]{\rho} .$$

Prenons alors deux géants de masse  $\mu = 10$ ; on aura :

$$\frac{T_2}{T_1} = \sqrt[6]{\frac{\rho_2}{\rho_1}} ;$$

et les tableaux de M. SEARES (*loc. cit*) indiquent :

$$\mu = 10 \left\{ \begin{array}{ll} \text{type } B_5 , & \rho = 0,03 ; \\ \text{type } F_{1-2} , & \rho = 0,0003 . \end{array} \right.$$

En ce qui concerne le type spectral  $B_5$ , pour lequel les « géants » se confondent avec les « nains », les mesures s'accordent pour donner :

$$T_{B_5} = 15\,000^\circ \text{ environ} .$$

On en déduit, pour une étoile  $F_{1-2}$  de masse  $\mu = 10$  :

$$T = 15\,000 \sqrt[6]{0,01} , \quad \text{soit} \quad T = 7000^\circ \text{ environ} .$$

La formule d'ionisation de Saha corrigée <sup>1</sup> :

$$\log \frac{x^2}{1-x^2} P = - \frac{5041,9 V_0}{T} + \frac{5}{2} \log T - 5,52 ,$$

appliquée au type spectral  $F_{1-2}$  (magnésium très fortement ionisé; calcium entièrement ionisé ou presque; ionisation sensible de l'hydrogène) indique une pression correspondante de l'ordre de  $10^{-4}$  à  $10^{-3}$  atmosphère.

Considérons ensuite deux étoiles géantes de type  $F_{1-2}$ , l'une de masse  $\mu = 10$ , l'autre de masse  $\mu = 8,5$ ; il vient :

<sup>1</sup> G. TIERCY, *Archives*, (5), 9, p. 87 (1927).

Type F1-2	$M_v$	$\rho$	R ( $R_s=1$ )	Remarques
$\mu = 10$	— 3,72	0,0003	38,0	d'après tableaux de M. Seares.
$\mu = 8,5$	— 2,6	0,0025	22,1	d'après calcul des Nos 10 et 11.

Si l'on désigne par ( $g$ ) l'accélération due à la gravité, et par ( $p$ ) la pression due à la force élastique du gaz, on a :

$$\frac{p_{8,5}}{p_{10}} = \frac{g_{8,5}}{g_{10}} .$$

où l'indice indique la masse de l'étoile.

Or, si  $\rho$  est la densité *moyenne*, on trouve :

$$g = \frac{f}{r^2} \int_0^r 4\pi r^2 \rho dr = \frac{4}{3} \pi f r \rho ,$$

( $f$  = constante de la gravitation) ;

ce qui donne pour les deux étoiles envisagées :

$$g_{10} = 0,01520 \pi f , \quad g_{8,5} = 0,08100 \pi f .$$

D'autre part,  $P$  étant la pression totale et  $p_r$  la pression de radiation, on sait qu'on a :

$$\begin{cases} P = p + p_r , \\ p = \beta P , \end{cases}$$

où  $\beta$  est une constante pour chaque étoile (A.-S. EDDINGTON, *Monthly Notices*, 1916-17, et *Astrophysical Journal*, 1918).

On tire de là que :

$$\frac{p_{8,5}}{p_{10}} = \frac{g_{8,5}}{g_{10}} \cdot \frac{\beta_{10}}{\beta_{8,5}} ;$$

les calculs basés sur la théorie de M. A.-S. Eddington permettent d'établir le tableau suivant :

Masse $\mu$ ( $\mu_s = 1$ )	0,6	1	6,5	10
$\beta$	0,910	0,893	0,513	0,444
$1 - \beta$	0,090	0,107	0,487	0,556

La courbe correspondante donne, pour nos deux étoiles de type  $F_{1-2}$ :

$$\beta_{10} = 0,444 \quad \text{et} \quad \beta_{8,5} = 0,456 .$$

On obtient ainsi:

$$\frac{P_{8,5}}{P_{10}} = \frac{0,08100}{0,01520} \cdot \frac{0,444}{0,456} \longrightarrow 5.2 .$$

Nous avons montré que  $P_{10}$  était de l'ordre de  $10^{-4}$  à  $10^{-3}$ ; il s'ensuit que  $P_{8,5}$  est de l'ordre de  $10^{-3}$  à  $10^{-2}$ .

Et la formule de Saha corrigée (voir début du présent numéro), appliquée au type spectral  $F_{1-2}$ , indique comme température correspondante:

$$T = 7300^\circ \text{ environ} .$$

Ainsi, pour la phase du maximum de lumière de *X Sagittarii*, on peut adopter les valeurs suivantes:  $\mu = 8,5$ ,  $T = 7300^\circ$ ,  $R_1 = 22,1$ .

13. — *Courbe des vitesses radiales.* — Il s'agit maintenant de trouver la variation de  $R$  pendant la variation lumineuse; autrement dit, il faut établir la courbe de pulsation; on y arrive en partant de la courbe des vitesses radiales.

Pour cela, on a utilisé ci-dessous les données numériques de M. J.-H. MOORE<sup>1</sup>. Moore cherchait alors à résoudre le problème de l'orbite de la Céphéide *X Sagittarii*; la courbe moyenne des vitesses radiales, qu'il trace au milieu des points obtenus, se ressent de cette préoccupation; Moore la dessine très simple d'allure, sans ondulation secondaire, alors que les points obtenus d'après les mesures des clichés semblent bien indiquer une ondulation secondaire après le maximum de lumière.

<sup>1</sup> *Lick bulletin*, 157, p. 111-114.

On a reproduit plus loin les résultats numériques de Moore, et l'on en a déduit une courbe des vitesses radiales légèrement différente de la sienne, en ce sens qu'elle porte une ondulation secondaire entre les phases  $0^d,6$  et  $2^d$ .

Cette courbe de Moore présente une caractéristique essentielle; entre son maximum (correspondant au minimum de lumière) et son minimum, il s'écoule un laps de temps de  $1^d,8$  environ; cela concorde fort bien avec la valeur  $M - m = 2^d,1$  que nous avons trouvée pour la courbe de lumière et que M. J. Voûte a établie par ses recherches de Lembang. Ce détail est important; car, jusqu'ici, la courbe de lumière admise (et par Moore lui-même) donnait  $M - m = 3^d,24$  (courbe Pickering) ou  $M - m = 2^d,9$  (catalogue Prager); il y avait ainsi une discordance sensible avec la courbe des vitesses radiales, discordance qui semble dès lors devoir disparaître, d'après les résultats de M. J. Voûte et ceux de ce travail.

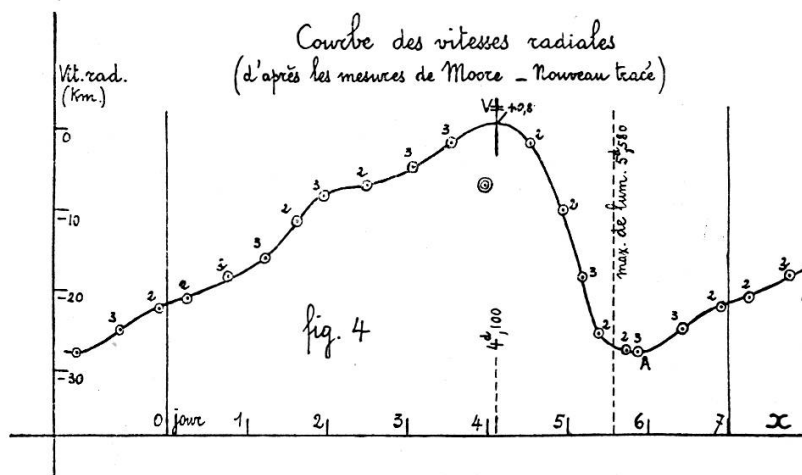
*Résultats numériques de J.-H. Moore.*

Phase	Vitesse rad.	Phase	Vitesse rad.	Phase	Vitesse rad.
d	(km)	d	(km)	d	(km)
0,124	— 20,5	2,404	— 7,96	5,148	— 16,8
0,410	— 21,0	2,625	— 6,0	5,195	— 17,6
				5,245	— 20,42
(0,613	— 15,0)	3,007	— 9,0		
0,636	— 18,0	3,075	— 4,52	5,344	— 23,51
0,912	— 18,2	3,146	— 0,6	5,439	— 27,5
1,061	— 16,2	3,406	— 2,17	5,699	— 27,8
1,252	— 15,47	3,618	— 0,8	5,751	— 27,5
1,354	— 16,30	3,644	— 2,7		
				5,852	— 24,9
1,614	— 11,3	3,950	— 6,9 ?	5,873	— 28,7
1,637	— 11,7			5,930	— 29,9
		4,401	+ 0,06		
1,917	— 10,8	4,646	— 3,6	6,155	— 23,4
1,938	— 9,0			6,443	— 27,08?
2,043	— 4,8	4,904	— 9,1	6,649	— 23,7
		4,940	— 10,8		
				6,888	— 20,6
				6,932	— 23,7

On en a tiré le tableau suivant de valeurs moyennes, en associant les résultats de phases rapprochées par groupes de deux ou trois:

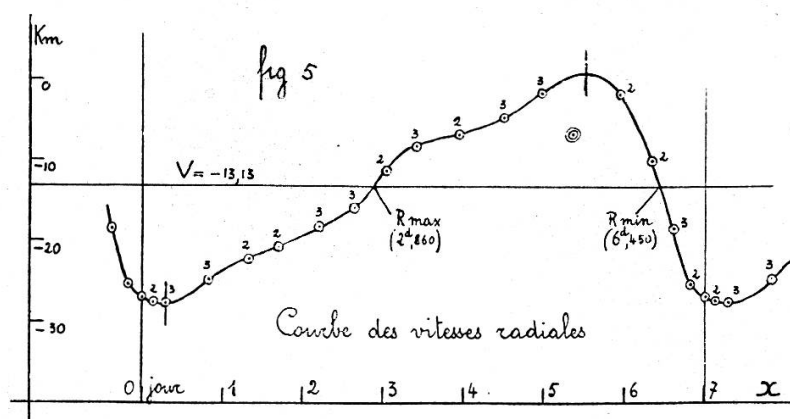
Poids	Phase	Vitesse rad.	Poids	Phase	Vitesse rad.	Poids	Phase	Vitesse rad.
2	0,267	- 20,8	3	3,076	- 4,7	2	5,392	- 25,5
2	0,774	- 18,1	3	3,556	- 1,9	2	5,725	- 27,65
3	1,222	- 16,0	1	3,950	(- 6,9)	3	5,885	- 27,8
2	1,625	- 11,5	2	4,524	- 1,8	3	6,416	- 24,7
3	1,966	- 8,2	2	4,922	- 10,0	2	6,910	- 22,15
2	2,515	- 7,0	3	5,196	- 18,3			

ce qui conduit à la courbe dessinée dans la figure 4. Ajoutons que l'époque du maximum de lumière de Pickering, dont se sert J.-H. Moore, est  $2416730^d,58$ , et que la phase  $4^d,646$  de Moore correspond à la date  $2416729^d,646$ ; il en résulte que le maximum de lumière répond à la phase  $5^d,580$  de la figure 4.



En rapportant les phases à celle du maximum de lumière comptée pour  $0^d$ , on obtient le tableau suivant et la figure 5.

Phase	Vit. rad.	Phase	Vit. rad.	Phase	Vit. rad.
d		d		d	
0	— 27,00	2,654	— 16,00	5,532	+ 0,80
0,145	— 27,65	3,057	— 11,50	5,956	— 1,80
0,305	— <b>27,80</b>	3,398	— 8,20	6,354	— 10,00
0,836	— 24,70	3,947	— 7,00	6,628	— 18,30
1,330	— 22,15	4,508	— 4,70	6,824	— 25,50
1,699	— 20,80	4,988	— 1,90		
2,206	— 18,10	(5,382	— 6,90) ?		



On voit que le minimum de vitesse radiale suit le maximum de lumière de  $0^d,30$ ; tandis que le maximum de vitesse radiale suit le minimum de lumière de  $0^d,63$  environ. On ne retrouve donc pas l'énorme écart qu'il y avait entre la courbe de lumière de Pickering et la courbe des vitesses radiales de Moore.

14. — *Variation de R et courbe de pulsation.* — De la courbe des vitesses radiales, on a déduit les variations de R, au moyen des tableaux suivants.

$V$  = vitesse radiale du centre G de l'étoile =  $-13^{km},12$ ;  
 $v$  = vitesse radiale du centre du disque visuel par rapport à G.

(V a été déterminée par la condition que l'accroissement total de R pendant la période de croissance de l'étoile soit égal à la diminution totale pendant la période de décroissance.)



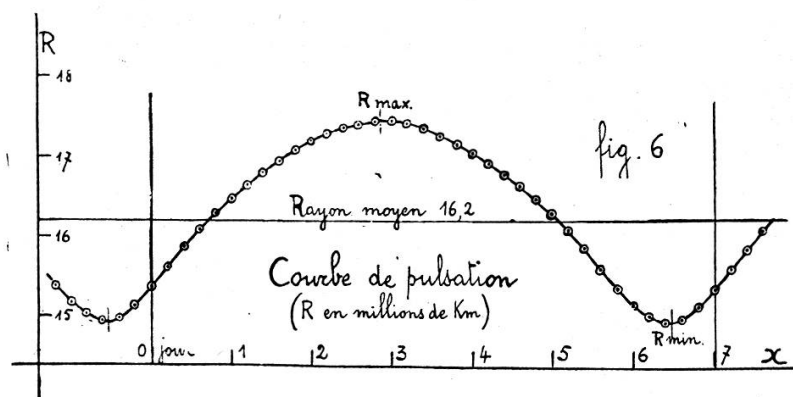
Phase	V + v (km)	Inter- valle de temps en se- condes	v moyen. dans l'inter- valle
d			
0	— 27,0		
		17.280	—14,28
0,2	— 27,8	8.640	—14,68
0,3	— 27,8	8.640	—14,58
0,4	— 27,6	17.280	—12,98
0,6	— 24,6	17.280	—11,48
0,8	— 24,6	17.280	—10,68
1,0	— 23,0	17.280	— 9,48
1,2	— 22,2	17.280	— 8,88
1,4	— 21,8	17.280	— 8,28
1,6	— 21,0	17.280	— 7,48
1,8	— 20,2	17.280	— 6,58
2,0	— 19,2	17.280	— 5,48
2,2	— 18,0	17.280	— 4,28
2,4	— 16,8	17.280	— 2,98
2,6	— 15,4	17.280	— 1,38
2,8	— 13,6	5.180	— 0,25
2,860	— 13,12	12.200	+ 0,75
3,0	— 11,6	17.280	+ 2,52
3,2	— 9,6	17.280	+ 4,12
3,4	— 8,4	17.280	+ 5,22
3,6	— 7,4	17.280	+ 5,92
3,8	— 7,0		

Phase	V + v (km)	Inter- valle de temps en se- condes	v moyen. dans l'inter- valle
		17.280	+ 6,32
4,0	— 6,6	17.280	+ 6,82
4,2	— 6,0	17.280	+ 7,42
4,4	— 5,4	17.280	+ 8,32
4,6	— 4,2	17.280	+ 9,52
4,8	— 3,0	17.280	+10,82
5,0	— 1,6	17.280	+12,22
5,2	— 0,2	17.280	+13,42
5,4	+ 0,8-ε	11.405	+13,92
5,532	+ 0,8	5.875	+13,92
5,6	+ 0,8-ε	17.280	+13,42
5,8	— 0,2	17.280	+11,72
6,0	— 2,6	17.280	+ 8,32
6,2	— 6,6	17.280	+ 3,92
6,4	— 11,6	4.320	+ 0,75
6,450	— 13,12	12.960	— 2,65
6,6	— 18,4	17.280	— 8,78
6,8	— 25,4	17.280	—13,08
7,0	— 27,0	1.030	—13,88
7,012	— 27,0		

Valeurs des rayons R :  $\left( R_1 = 22,1 R_s ; R_s = 696.000 \text{ km.} \right)$   
 $R_1 = 15.381.600 \text{ km.}$

Phase	$\Delta R$ (km) de proche en proche	R en km	Phase	$\Delta R$ (km) de proche en proche	R en km
d			d		
0		15.381.600	3,8	— 102.298	17.141.574
	+ 246.759		4,0	— 109.210	17.032.364
0,2		15.628.359	4,2	— 117.850	16.914.514
	+ 127.835		4,4	— 128.018	16.786.496
0,3		15.756.194	4,6	— 143.770	16.642.726
	+ 125.971		4,8	— 164.506	16.478.220
0,4		15.882.165	5,0	— 186.970	16.291.250
	+ 224.294		5,2	— 211.162	16.080.088
0,6		16.106.459	5,4	— 231.898	15.848.190
	+ 198.374		5,532	— 158.758	15.689.432
0,8		16.304.833	5,6	— 81.780	15.607.652
	+ 184.550		5,8	— 231.898	15.375.754
1,0		16.489.383	6,0	— 203.522	15.172.232
	+ 163.814		6,2	— 143.770	15.028.462
1,2		16.653.197	6,4	— 67.738	14.960.724
	+ 153.446		6,450	— 3.240	14.957.484
1,4		16.806.643		+ 32.344	14.989.828
	+ 143.078		6,6	+ 151.718	15.141.546
1,6		16.949.721	6,8	+ 226.022	15.367.568
	+ 129.254		7,0	+ 14.032	15.381.600
1,8		17.078.975	7,012		
	+ 113.702			( $\Sigma \Delta R = 0$ )	
2,0		17.192.677			
	+ 94.694				
2,2		17.287.371			
	+ 73.958				
2,4		17.361.329			
	+ 51.494				
2,6		17.412.823			
	+ 43.846				
2,8		17.456.669			
	+ 1.295				
2,860		17.457.964			
	— 9.150				
3,0		17.448.814			
	— 43.546				
3,2		17.405.268			
	— 71.194				
3,4		17.334.074			
	— 90.202				
3,6		17.243.872			

D'où la courbe de pulsation donnée par la figure 6 (R en millions de km):



On constate la symétrie très marquée de cette courbe par rapport à un axe perpendiculaire à l'axe du temps et passant par le sommet  $R_{\max.}$  (ou  $R_{\min.}$ ).

On constate aussi que l'étoile met plus de temps à passer par les grandes valeurs de R qu'elle n'en met à passer par les valeurs inférieures à R moyen.

On avait fait deux remarques identiques en étudiant le phénomène de la variation lumineuse de *SU Cassiopeiae*<sup>1</sup> et de *T Vulpeculae*<sup>2</sup>.

Il reste à déduire de ce qui précède (tableaux et courbe) les valeurs de R correspondant respectivement aux différentes phases des clichés utilisés. On trouve:

Plaque	Phase	R en km	Plaque	Phase	R en km
Max.lum.	d				
	0	15.381.600	123	4,353	16.816.580
E 135	0,251	15.693.555	114	4,364	16.809.539
126	0,320	15.781.388	108	4,390	16.792.897
121	0,346	15.814.141	Min. lum.	4,900	16.384.735
122	1,341	16.761.376	138	5,260	16.010.519
118	1,364	16.779.023	130	5,321	15.939.790
105	1,419	16.820.235	124	5,342	15.915.440
127	2,370	17.350.235	116	5,361	15.893.410
106	2,495	17.385.789	110	5,484	15.747.162
R max.	2,860	17.457.964	125	6,352	14.976.981
128	3,325	17.360.772	117	6,383	14.966.482
107	3,418	17.325.956	R. min.	6,450	14.957.484
136	4,266	16.872.268	Max.lum.	7,012	15.381.600

<sup>1</sup> *Publicazioni del R. Osservatorio Astrofisico di Arcetri*, fasc. 44, 1927.

<sup>2</sup> *Publications de l'Observatoire de Genève*, fasc. 2, 1928, et *Archives*, (5), 10, p. 107 (1928).

## § 5. — DE L'INDEX DE COULEUR.

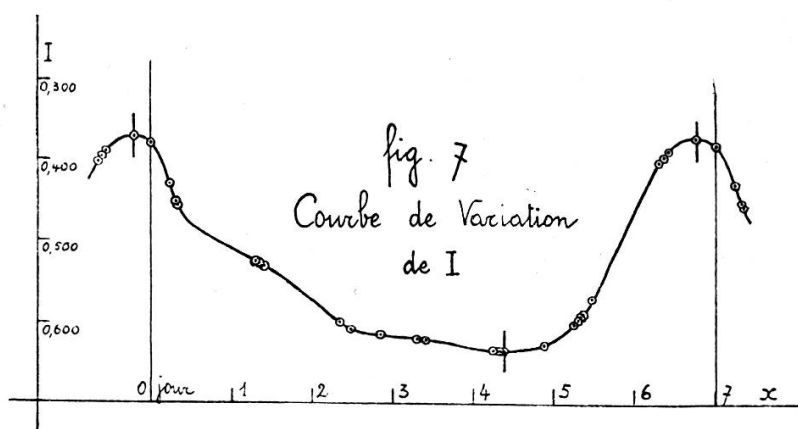
15. — Rappelons ici les formules fondamentales<sup>1</sup> qui lient entre eux l'index de couleur I, la magnitude absolue  $M_v$ , la température effective T et le rayon R:

$$\left\{ \begin{array}{l} T(I + 0,611) = 7200 ; \\ 0,819 I = \log R + 0,2 M_v - 0,515 ; \\ T = \frac{5896,8}{\log R + 0,2 M_v - 0,0154} . \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} (1) \\ (2) \\ (3) \end{array}$$

C'est la formule (2) qui va nous servir maintenant; on en tire le tableau suivant:

Plaque	Phase	Spectre	$\frac{R}{(R_s = 1)}$	$\log R$	$M_v$	I	q
Max.lum.	d						
	0	F <sub>1-2</sub>	22,100	1,34439	—2,60	0,378	0,400
E 135	0,251	F <sub>3</sub>	22,548	1,35311	—2,44	0,427	0,470
126	0,320	F <sub>2</sub>	22,674	1,35553	—2,35	0,452	0,510
121	0,346	F <sub>3-4</sub>	22,722	1,35645	—2,34	0,456	0,515
122	1,341	F <sub>3</sub>	24,082	1,38169	—2,19	0,523	0,580
118	1,364	F <sub>1-2</sub>	24,108	1,38216	—2,19	0,524	0,582
105	1,419	F <sub>2-3</sub>	24,167	1,38322	—2,18	0,528	0,585
127	2,370	G <sub>1</sub>	24,929	1,39670	—1,96	0,598	0,686
106	2,495	G <sub>2</sub>	24,980	1,39759	—1,92	0,609	0,700
R max.	2,860	(G <sub>2</sub> )	25,083	1,39938	—1,90	0,616	0,711
128	3,325	G <sub>3</sub>	24,944	1,39697	—1,87	0,620	0,726
107	3,418	G <sub>3</sub>	24,894	1,39609	—1,86	0,622	0,730
136	4,266	G <sub>5</sub>	24,242	1,38457	—1,75	0,634	0,776
123	4,353	G <sub>5</sub>	24,162	1,38313	—1,74	0,635	0,780
114	4,364	G <sub>2-4</sub> ?	24,151	1,38294	—1,74	0,635	0,781
108	4,390	G <sub>5</sub>	24,128	1,38252	—1,73	0,637	0,784
Min.lum.	4,900	(G <sub>4-5</sub> )	23,541	1,37182	—1,71	0,629	0,795
138	5,260	G <sub>4</sub>	23,004	1,36180	—1,77	0,602	0,770
130	5,321	G <sub>4</sub>	22,902	1,35987	—1,78	0,597	0,764
124	5,342	G <sub>3</sub>	22,867	1,35921	—1,78	0,596	0,762
116	5,361	G <sub>3-2</sub>	22,835	1,35860	—1,80	0,590	0,756
110	5,484	G ?	22,625	1,35459	—1,86	0,571	0,730
125	6,352	F <sub>3</sub>	21,518	1,33280	—2,45	0,400	0,466
117	6,383	F <sub>1-2</sub>	21,504	1,33252	—2,47	0,395	0,456
R min.	6,450	F <sub>1-2</sub>	21,491	1,33226	—2,50	0,387	0,444
Max.lum.	7,012	F <sub>1-2</sub>	22,100	1,34439	—2,60	0,378	0,400

<sup>1</sup> *Publicazioni del R. Osservatorio Astrofisico di Arcetri*, fasc. 44, 1927. — *Publications de l'Observatoire de Genève*, fasc. 2, 1928. — *Archives*, (5), 10, p. 107 (1928).

16. — *Courbe de variation de I.*

L'allure de cette courbe (fig. 7) est curieuse; elle semble présenter le reflet des accidents secondaires de la courbe de lumière; on y remarque, en effet, deux petites oscillations secondaires, respectivement situées entre les phases  $0^d,7$  et  $2^d$  et entre  $2^d,8$  et  $4^d$ . Le point le plus bas de la courbe ( $I_{\max.}$ , E 108) précède le minimum de lumière de  $0^d,510$  environ; tandis que le point le plus haut ( $I_{\min.} = 0,372$ ; phase =  $6,8$ ) semble ne précéder le maximum de lumière que de  $0^d,2$ , ce qui correspond à la valeur  $q = 0,406$ .

La courbe est moins « régulière » que celle trouvée pour *SU Cassiopeiae* ou pour *T Vulpeculae*; mais aussi, ces deux dernières étoiles ont une courbe de lumière moins accidentée que ce n'est le cas pour *X Sagittarii*.

Remarquons enfin que la valeur  $I_{\max.}$  correspond au spectre  $G_5$ ; tandis que la valeur  $I_{\min.}$  correspond à  $F_1$ .

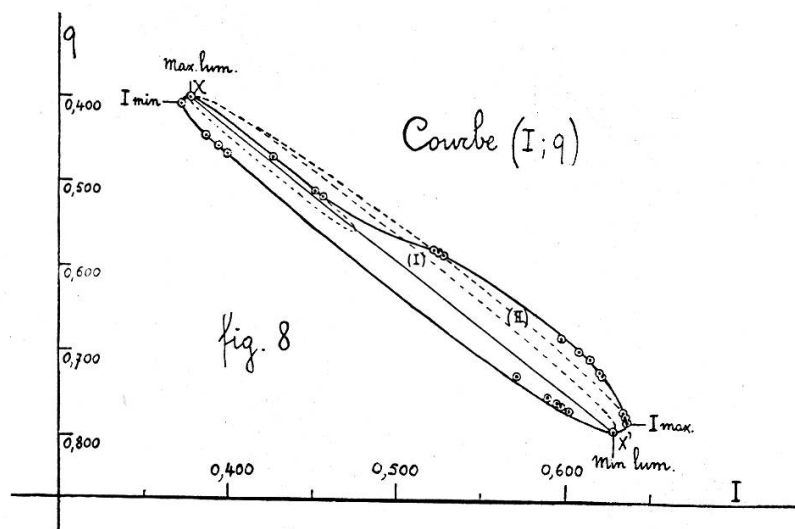
17. — *Courbe (I, q).* — Le tableau du n° 15 donne immédiatement la courbe (fig. 8).

On voit que l'arc descendant présente une allure tourmentée, qui provient évidemment des accidents de la branche descendante de la courbe de lumière.

On a marqué par le trait pointillé (I) ce qu'aurait été l'arc descendant si la branche descendante de la courbe de lumière avait été régulière et avait eu la même durée que la branche montante; par le trait (II) ce qu'aurait été l'arc descendant

si la branche descendante de la courbe de lumière avait présenté l'allure simple qu'on trouve dans le cas de *T Vulpeculae*<sup>1</sup>.

L'effet des accidents de la branche descendante de la courbe de lumière sur l'arc descendant de la courbe ( $I; q$ ) est de



« rentrer » la courbe vers l'axe  $XX'$  dans la partie supérieure du dessin, et d'accentuer le renflement dans la partie inférieure.

Il est d'ailleurs remarquable que, pour *X Sagittarii*, la différence entre le décalage de  $I_{\max}$  avant le minimum de lumière et le décalage de  $I_{\min}$  avant le maximum de lumière ne soit pas aussi forte que dans le cas de *T Vulpeculae*; cependant que l'inégalité entre les durées respectives des branches descendante et ascendante de la courbe de lumière est plus sensible pour *X Sagittarii* que pour *T Vulpeculae*.

## § 6. — VARIATION DE LA TEMPÉRATURE $T$ .

18. — Les formules (1) et (3):

$$\left\{ \begin{array}{l} T(I + 0,611) = 7200, \\ T = \frac{5896,8}{\log R + 0,2 M_v - 0,0154}, \end{array} \right. \quad (1)$$

$$(2)$$

<sup>1</sup> *Loc. cit.*

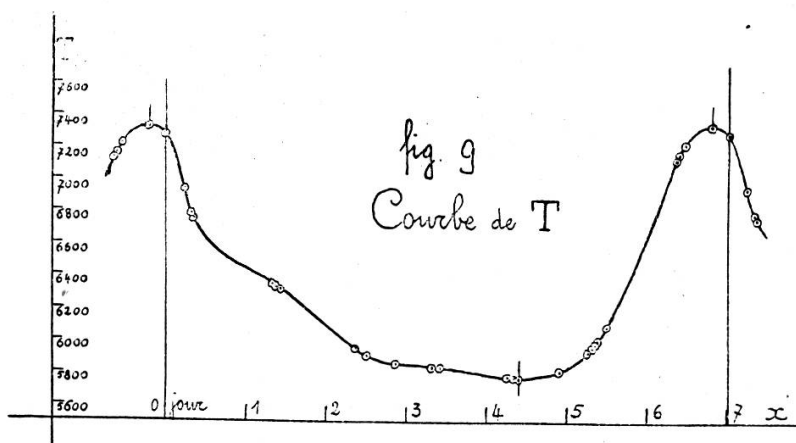
et le tableau numérique du n° 15 (§ 5) fournissent rapidement les valeurs suivantes:

Plaque	T par (1)	T par (3)	T (moy.)
Max. lum	7280°	7289	7285
E 135	6936	6940	6938
126	6773	6777	6775
121	6748	6754	6751
122	6349	6352	6351
118	6344	6349	6347
105	6321	6328	6325
127	5955	5961	5958
106	5901	5907	5904
R max.	5868	5873	5871
128	5849	5853	5851
107	5839	5846	5843
136	5783	5786	5785
123	5779	5783	5781

Plaque	T par (1)	T par (3)	T (moy.)
114	5779	5783	5781
108	5769	5775	5772
Min. lum.	5806	5813	5810
138	5936	5942	5939
130	5960	5966	5963
124	5965	5970	5968
116	5995	5998	5997
110	6091	6097	6094
125	7122	7127	7125
117	7157	7164	7161
R. min.	7214	7219	7217
I min.	7325	7335	7330
Max. lum	7280	7289	7285

(Pour  $I_{\min.}$ ,  $m_v = 4,69$ ;  $M_v = -2,59$ ;  $q = 0,406$ ;  $R = 21,741$ .)

*Courbe de T (fig. 9).*



La courbe semble présenter des accidents secondaires aux phases mêmes où la courbe de lumière porte ses ondulations secondaires.



## § 7. — VARIATION DE LA PRESSION P.

19. — On sait que, pour deux phases quelconques de la variation lumineuse, on a <sup>1</sup>:

$$\frac{T^4}{T_1^4} = \frac{1 - \beta}{1 - \beta_1} \cdot \frac{P}{P_1} = \gamma \cdot \frac{P}{P_1} ;$$

où  $\beta$  est considéré comme un coefficient constant dans l'étoile à un moment donné. D'autre part:

$$\frac{1 - \beta}{1 - \beta_1} = \frac{L}{L_1} = \gamma ,$$

L désignant la luminosité; et l'on sait, par la loi de Pogson, que:

$$\log \frac{L}{L_1} = 0,4 (m_1 - m) ,$$

où les différences ( $m_1 - m$ ) sont connues, puisqu'on connaît la courbe de lumière. On considérera l'indice (1) comme se rapportant à la phase du maximum de lumière.

20. — Calcul de  $\log \gamma$ .

Plaque	$m$	$m_1 - m$	$\log \gamma$	$\log \frac{1}{\gamma}$
	$m$			
Max.lum.	4,68	0	0	0
E 135	4,84	— 0,16	1,936	0,064
126	4,93	— 0,25	1,900	0,100
121	4,94	— 0,26	1,896	0,104
122	5,09	— 0,41	1,836	0,164
118	5,09	— 0,41	1,836	0,164
105	5,10	— 0,42	1,832	0,168
127	5,32	— 0,64	1,746	0,256
106	5,36	— 0,68	1,728	0,272
R max.	5,38	— 0,70	1,720	0,280
128	5,41	— 0,73	1,708	0,292
107	5,42	— 0,74	1,704	0,296
136	5,53	— 0,85	1,660	0,340
123	5,54	— 0,86	1,656	0,344

Plaque	$m$	$m_1 - m$	$\log \gamma$	$\log \frac{1}{\gamma}$
	$m$			
114	5,54	— 0,86	1,656	0,344
108	5,55	— 0,87	1,652	0,348
Min.lum.	5,57	— 0,89	1,644	0,356
138	5,51	— 0,83	1,668	0,332
130	5,50	— 0,82	1,672	0,328
124	5,50	— 0,82	1,672	0,328
116	5,48	— 0,80	1,680	0,320
110	5,42	— 0,74	1,704	0,296
125	4,83	— 0,15	1,940	0,060
117	4,81	— 0,13	1,948	0,052
R min.	4,78	— 0,10	1,960	0,040
I min.	4,69	— 0,01	1,996	0,004
Max.lum.	4,68	0	0	0

<sup>1</sup> Etude sur SU Cassiopeiæ, *loc. cit.* — Etude sur T Vulpeculæ, *loc. cit.*



21. — *Calcul de P en fonction de P<sub>1</sub>.*

La formule:

$$P = \frac{1}{\gamma} \left( \frac{T}{T_1} \right)^4 \cdot P_1$$

donne alors le tableau suivant:

Plaque	$\log \frac{1}{\gamma}$	$\log T$	$\log \frac{P}{P_1}$	$\frac{P}{P_1}$
Max. lum.	0	3,86243	0	1
E 135	0,064	3,84123	1,97920	0,9532
126	0,100	3,83091	1,97392	0,9417
121	0,104	3,82937	1,97176	0,9371
122	0,164	3,80284	1,92564	0,8426
118	0,164	3,80257	1,92456	0,8406
105	0,168	3,80106	1,92252	0,8366
127	0,256	3,77510	1,90668	0,8067
106	0,272	3,77115	1,90588	0,8052
R max.	0,280	3,76871	1,90512	0,8038
128	0,292	3,76723	1,91120	0,8151
107	0,296	3,76664	1,91284	0,8182
136	0,340	3,76230	1,93948	0,8699
123	0,344	3,76200	1,94228	0,8756
114	0,344	3,76200	1,94228	0,8756
108	0,348	3,76133	1,94360	0,8782
Min. lum.	0,356	3,76418	1,96300	0,9183
138	0,332	3,77371	1,97712	0,9478
130	0,328	3,77546	1,98012	0,9553
124	0,328	3,77583	1,98160	0,9585
116	0,320	3,77793	1,98200	0,9594
110	0,296	3,78490	1,98588	0,9680
125	0,060	3,85278	0,02140	1,0505
117	0,052	3,85497	0,02216	1,0524
R min.	0,040	3,85836	0,02372	1,0561
I min.	0,004	3,86510	0,01468	1,0344
Max. lum.	0	3,86243	0	1

22. — *Calcul de P<sub>1</sub>.* — On obtiendra une valeur approchée de P<sub>1</sub> en appliquant la loi de Stephan-Boltzmann. La pression de radiation vaut:

$$(p_r)_1 = \frac{\sigma}{3} T_1^4.$$

où  $\sigma = (1,374) \cdot 10^{-12}$  unités C. G. S.; on a donc:

$$(p_r)_1 = \frac{(1,374) \cdot 10^{-12} \cdot (7285)^4}{3} = 1290 \text{ unités C. G. S. ;}$$

ce qui donne pour la pression totale P, puisque  $\beta_1 = 0,456$  (n° 12, § 4):

$$P_1 = \frac{(p_r)_1}{1 - \beta_1} = \frac{1290}{1 - 0,456} = \frac{1290}{0,544} = 2371 \text{ baryes ;}$$

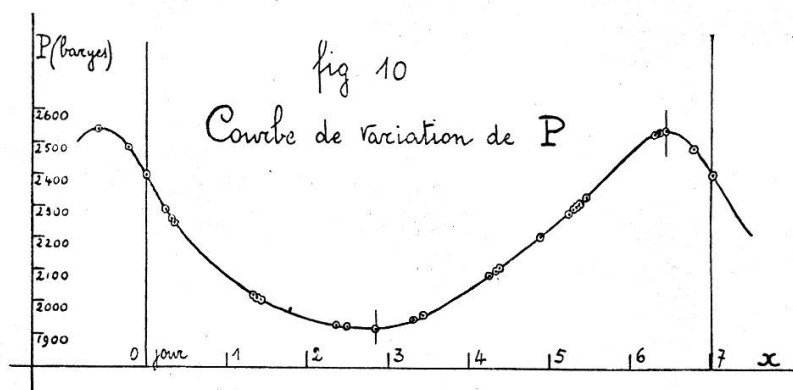
$P_1 = \text{atm. } 0,002371$ , soit environ  $0,0024$ .

On a adopté la valeur  $0,0024$  pour l'établissement du tableau suivant; remarquons qu'elle est bien de l'ordre de grandeur indiqué au n° 12, soit  $10^{-2}$  à  $10^{-3}$ .

### 23. — Variation de P.

Plaque	Phase	P (atm.)	Plaque	Phase	P (atm.)
Max.lum.	d				
	0	0,002400	114	4,364	0,002101
E 135	0,251	0,002288	108	4,390	0,002108
126	0,320	0,002260	Min.lum.	4,900	0,002204
121	0,346	0,002249	138	5,260	0,002277
122	1,341	0,002022	130	5,321	0,002293
118	1,364	0,002017	124	5,342	0,002300
105	1,419	0,002008	116	5,361	0,002303
127	2,370	0,001936	110	5,484	0,002323
106	2,495	0,001932	125	6,352	0,002521
R max.	2,860	0,001929	117	6,383	0,002526
128	3,325	0,001956	R. min.	6,450	0,002535
107	3,418	0,001964	I min.	6,800	0,002483
136	4,266	0,002088	Max.lum.	7,012	0,002400
123	4,353	0,002101			

La courbe correspondante est donnée par la figure (10):



On constate que  $P_{\min.}$  a lieu pour la phase de  $R_{\max.}$ , et  $P_{\max.}$  pour celle de  $R_{\min.}$ .

### § 8. — QUELQUES REMARQUES.

24. — *De la répartition des spectres le long de la courbe de lumière.* — On a indiqué cette répartition dans le paragraphe 3; et dans le paragraphe 5, on a cherché la variation de l'index I de couleur. Il résulte de tout cela que le spectre *le moins avancé* ( $F_1$ ) a pour phase  $6^d,800$ , précédant de peu ( $0^d,210$  environ) le maximum de lumière; le spectre *le plus avancé* ( $G_5$ ) a pour phase  $4^d,350$  en moyenne, précédant de  $0^d,550$  environ le minimum de lumière. Cette remarque est analogue à celle faite, soit pour *SU Cassiopeiae*, soit pour *T Vulpeculae*.

Relevons ici un détail bien remarquable. Dans un mémoire paru dans les *Contributions of Mount Wilson* en 1916, M. H. SHAPLEY donne la répartition des spectres de *X Sagittarii* pendant la variation lumineuse, en adoptant la courbe de lumière de Pickering. Il place le spectre le moins avancé ( $F_1$ ) un peu avant le maximum de lumière, et le spectre le plus avancé ( $G_5$ ) *après* le minimum de lumière; ce dernier détail peut sembler étonnant; mais, si l'on fait attention que la phase attribuée par H. Shapley au spectre  $G_5$  est précisément  $4^d,3$  à  $4^d,5$ , c'est-à-dire la même que nous avons trouvée, tout s'explique; la cause de l'étonnement est simplement l'adoption par H. Shapley de la courbe de lumière de Pickering, qui place le minimum de lumière à la phase  $3^d,8$ , soit plus d'un jour trop tôt, d'après les mesures de ce travail et celles de M. J. Voûte.

25. — *Sur la courbe de lumière « photographique » de M. J. Voûte.* — La courbe de M. J. Voûte (nouveau tracé) a été donnée au § 3, n° 8; les limites de magnitude en sont  $4^m,96$  et  $6^m,16$ .

D'autre part, la courbe de lumière issue de nos mesures spectrographiques a été établie au n° 7 du § 3; et la variation

de l'index de couleur I a été étudiée au § 5. Il est dès lors facile de construire la courbe de lumière « photographique » correspondant à nos mesures (courbe  $m_p(T_i)$ ), pour la comparer à celle de M. J. Voûte (courbe  $m_p(V)$ ). Comme  $m_p = m_v + I$ , on obtient :

Plaque	Courbe $m_v$	I	Courbe $m_p(T_i)$	Courbe $m_p(V)$	Plaque	Courbe $m_v$	I	Courbe $m_p(T_i)$	Courbe $m_p(V)$
	m		m	m		m		m	m
Max.lum.	4,68	0,38	5,06	4,96	114	5,54	0,64	6,18	6,12
E 135	4,84	0,43	5,27	5,03	108	5,55	0,64	6,19	6,13
126	4,93	0,45	5,38	5,06	Min.lum.	5,57	0,63	6,20	6,16
121	4,94	0,46	5,40	5,07	138	5,51	0,60	6,11	6,08
122	5,09	0,52	5,61	5,34	130	5,50	0,60	6,10	6,05
118	5,09	0,52	5,61	5,36	124	5,50	0,60	6,10	6,04
105	5,10	0,53	5,63	5,38	116	5,48	0,59	6,07	6,03
127	5,32	0,60	5,92	5,59	110	5,42	0,57	5,99	5,98
106	5,36	0,61	5,97	5,63	125	4,83	0,40	5,23	5,30
R max.	5,38	0,62	6,00	5,75	117	4,81	0,40	5,21	5,28
128	5,41	0,62	6,03	5,90	R min.	4,78	0,39	5,17	5,22
107	5,42	0,62	6,04	5,93	I min.	4,69	0,37	5,06	4,97
136	5,53	0,63	6,16	6,11	Max.lum.	4,68	0,38	5,06	4,96
123	5,54	0,64	6,18	6,12					

Nos limites de « magnitude photographique » sont donc 5<sup>m</sup>,06 et 6<sup>m</sup>,20 (écart = 1,14); tandis que, pour la courbe de M. J. Voûte, elles sont 4,96 et 6,16 (écart = 1,20); il y a donc concordance.

Quant aux courbes mêmes  $m_p$ , celle que l'on dessine d'après les valeurs de la colonne ( $T_i$ ) présente la même allure que celle de M. J. Voûte, mais avec une branche descendante plus « creusée ».

26. — *De l'absorption atmosphérique.* — Si l'on se rapporte aux courbes de variation de I et de T, on constate que la phase de  $I_{\max.}$  ( $T_{\min.}$ ) est beaucoup plus rapprochée du minimum de lumière, toutes proportions gardées, que ce n'était le cas pour *T Vulpeculae*.

Y a-t-il là un effet dû à l'absorption atmosphérique, plus forte dans le cas de *X Sagittarii* ( $\delta = -27^\circ 47'$ ) que dans celui de *T Vulpeculae* ( $\delta = +27^\circ 43'$ ) ?

On sait que l'absorption atmosphérique agit d'abord sur les radiations de courtes longueurs d'ondes. D'autre part, elle est plus sensible au minimum de lumière qu'au maximum de lumière. Il en résulte que, plus la phase d'un spectre sera proche du minimum de lumière, plus ce spectre sera « poussé » vers les types avancés. Ainsi le spectre le plus avancé aurait-il une phase plus rapprochée du minimum de lumière que ce ne serait le cas avec une absorption atmosphérique plus faible.

Il serait intéressant d'étudier cette question de la phase du spectre le plus avancé (donc du max. de I) de *X Sagittarii* dans une station de l'hémisphère sud, pour laquelle cette étoile serait un astre zénithal.

---