

Zeitschrift: Archives des sciences physiques et naturelles
Herausgeber: Société de Physique et d'Histoire Naturelle de Genève
Band: 9 (1927)

Artikel: Sur la variation de l'ionisation dans une céphéide à courte période
Autor: Tiercy, Georges
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-740895>

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: 19.02.2026

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

SUR
LA VARIATION DE L'IONISATION
DANS UNE CÉPHÉIDE A COURTE PÉRIODE

PAR

Georges TIERCY

(Avec 2 fig.)

I. IONISATION DU PREMIER ORDRE.

1. — *Données du problème.*

L'étoile variable, dont les éléments serviront de base au présent travail, est SU *Cassiopeiae*, à laquelle nous avons consacré un mémoire inséré dans les « Publications » de l'Observatoire d'Arcetri (Florence)¹. Les résultats que nous avons obtenus à Arcetri sont rassemblés dans le tableau suivant, où P indique la pression moyenne qui règne dans la couche renversante de l'étoile, T la température absolue effective de la dite couche renversante, R le rayon de l'étoile exprimé en prenant le rayon solaire pour unité, et I l'index de couleur (différence entre la magnitude photographique et la magnitude visuelle).

¹ *Publicazioni del R. Osservatorio Astrofisico di Arcetri*, Fascicolo 44 (1927).

Plaque	Spectre	Phase	P en atm.	T	R	I	
E 70	A ₉	jour	0,002	8150°	9,300	0,261	Max. I
71	A ₉ — F ₀	0,191	0,003751	7928°	9,508	0,285	
81	F ₀	0,268	0,003685	7839°	9,568	0,295	
84	F ₁	0,423	0,003580	7606°	9,666	0,325	
85	F ₁	0,475	0,003577	7550°	9,673	0,333	
64	F ₁₋₂	0,497	0,003574	7532°	9,676	0,335	
R max.	F ₁₋₂	0,500	0,003573	7497°	9,676 (3)	0,340	
79	F ₅	0,835	0,003773	7292°	9,487	0,374	
T min.	F ₆	0,880	0,003833	7285°	—	0,377	
75	F ₅₋₆	0,977	0,003963	7307°	9,328	0,376	
Min. lum.	F ₅₋₆	1,050	0,004076	7348°	9,240	0,372	
63	F ₅	1,371	0,004485	7684°	8,950	0,333	
82	F ₄	1,410	0,004510	7712°	8,936	0,330	
R min.	F ₃	1,480	0,004528	7882°	8,925	0,307	
65	F ₂	1,579	0,004485	8046°	8,951	0,284	
67	F ₁	1,660	0,004413	8163°	8,998	0,268	Min. I
73	F ₀	1,673	0,004400	8175°	9,007	0,266	
77	A ₉	1,722	0,004341	8204°	9,046	0,259	
T max.	A ₈	1,777	0,004260	8210°	—	0,256	
69	A ₈₋₉	1,855	0,004145	8204°	9,188	0,257	
Max. lum.	A ₉	1,949	0,004000	8150°	9,300	0,261	

Nous reproduisons aussi, ci-dessous, la courbe de variation de la magnitude visuelle (dite courbe de lumière), telle que nous

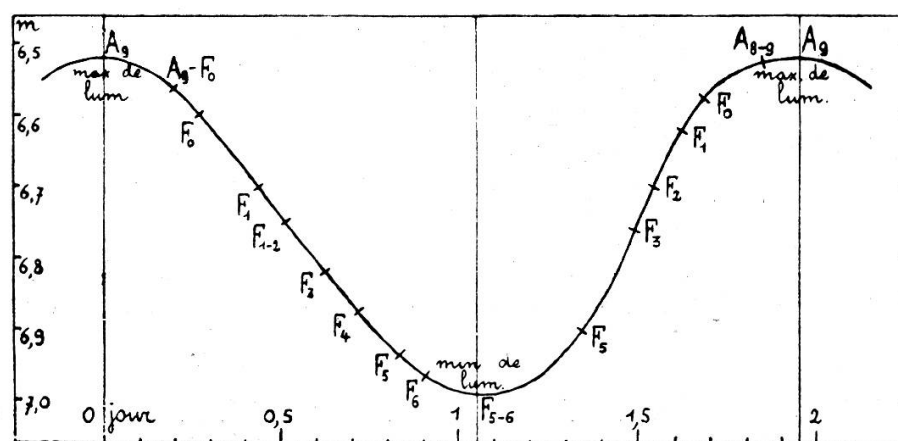


Fig. 1 - Courbe de lumière.

l'avons obtenue, ainsi que la variation de type spectral accompagnant la variation de l'intensité lumineuse (fig. 1).

On remarquera que le maximum de lumière ne correspond

pas au maximum de T, non plus que le minimum de lumière au minimum de T. Nous avons indiqué, dans le mémoire cité plus haut, que ce fait est dû à la variation de la pression, laquelle provoque une variation du coefficient d'absorption. On notera également que le minimum de I correspond au maximum de T, tandis que le maximum de I coïncide avec le minimum de T; ce qui n'est pas étonnant, puisque T et I sont liés par l'égalité:

$$I = \frac{7200}{T} - 0,611^1.$$

En outre, le type spectral le plus avancé (F_6) coïncide avec le minimum de T; tandis que le type spectral le moins avancé (A_{8-9})² est certainement voisin du maximum de T; dans le mémoire cité, nous l'avons même fait coïncider avec le maximum² de T; mais nous verrons à la fin de la présente étude que, sur ce point, une rectification s'impose.

2. — *Equations du problème.*

Le but du présent travail est de rechercher la variation de l'ionisation pendant la variation de lumière. Pour cela, nous avons utilisé la formule fondamentale de M. N. Saha, qui relie le degré x d'ionisation d'un gaz à P et T; cette équation a été étudiée ici-même³, et nous avons montré que la valeur de son terme constant est (— 5,52), et non (— 6,5):

$$\log \frac{x^2}{1-x^2} = - \frac{5041.9 V_0}{T} + \frac{5}{2} \log T - \log P - 5,52 ; \quad (1)$$

V_0 représente le potentiel d'ionisation du gaz considéré, exprimé en volts.

¹ *Loc. cit.*

² Nous n'avions pas de plaque dont la phase fût exactement celle de T max.

³ G. TIERCY, *Archives*, (5), 9, p. 87 (1927).

Cette équation a été appliquée, plus loin, successivement à chacun des éléments chimiques dont la présence est signalée dans les couches renversantes stellaires, ainsi qu'au lithium et au rubidium, qu'on trouve dans les taches solaires, mais qu'on n'a pas découverts dans les spectres stellaires; nous indiquons tous ces éléments dans le tableau ci-dessous, en les laissant groupés comme ils l'ont été par MM. Rolla et Piccardi¹, dans l'étude qu'ils ont faite des potentiels d'ionisation; pour chaque groupe, l'avant-dernière colonne contient les valeurs de V_0 qui ont pu être déterminées directement par l'expérience; dans la dernière colonne sont indiqués les potentiels qui n'ont pas encore pu être déterminés expérimentalement, mais dont les valeurs probables se déduisent des diagrammes de MM. Rolla et Piccardi.

I

	Nom	Poids moléculaire	V_0	Par diagramme
H	Hydrogène	1	13,53	—
He	Hélium	4	24,50	—
Li	Lithium	7	5,37	—
C	Carbone	12	—	10
H	Azote	14	10,80	—
O	Oxygène	16	13,56	—

II

	Nom	Poids moléculaire	V_0	Par diagramme
Na	Sodium	23	5,12	—
Mg	Magnésium	24	7,61	—
Al	Aluminium	27	5,96	—
Si	Silicium	28	8,50	—
S	Soufre	32	10,31	—

¹ L. ROLLA et G. PICCARDI, *Chimie et Industrie*, n° d'octobre 1926, Paris.

III

	Nom	Poids moléculaire	V ₀	Par diagramme
K	Potassium	39	4,32	—
Ca	Calcium	40	6,08	—
Sc	Scandium	44	5,90	—
Ti	Titanium	48	6,50	—
V	Vanadium	51	6,30	—
Cr	Chrome	52	6,70	—
Mn	Manganèse	55	7,40	—
Fe	Fer	56	7,40	—
Co	Cobalt	59	—	7,5
Ni	Nickel	59	—	7,6
Cu	Cuivre	64	7,69	—
Zn	Zinc	65	9,35	—
Ga	Gallium	70	5,97	—

IV

	Nom	Poids moléculaire	V ₀	Par diagramme
Rb	Rubidium	85	4,10	—
Sr	Strontium	88	5,67	—
Y	Yttrium	89	—	6,0
Zr	Zirconium	90	—	6,3

(Les groupes V et VI de MM. Rolla et Piccardi ne sont pas représentés.)

En portant les données du tableau numérique du § 1 dans l'équation (1), nous avons d'abord établi les équations d'ionisation correspondant respectivement aux diverses phases envisagées. Posant:

$$\log \frac{x^2}{1-x^2} = X ,$$

on obtient:

Plaque	Equation d'ionisation
E 70	$X = -0,618638 \quad V_0 + 6,65584$
71	$X = -0,635961 \quad V_0 + 6,65275$
81	$X = -0,643182 \quad V_0 + 6,64921$
84	$X = -0,662885 \quad V_0 + 6,62902$
85	$X = -0,667801 \quad V_0 + 6,62136$
64	$X = -0,669397 \quad V_0 + 6,61913$
R max.	$X = -0,672522 \quad V_0 + 6,61420$
79	$X = -0,691429 \quad V_0 + 6,56044$
T min.	$X = -0,692093 \quad V_0 + 6,55254$
75	$X = -0,690010 \quad V_0 + 6,54133$
Min. lum.	$X = -0,6861595 \quad V_0 + 6,53520$
63	$X = -0,656156 \quad V_0 + 6,54222$
82	$X = -0,653773 \quad V_0 + 6,54375$
R min.	$X = -0,639673 \quad V_0 + 6,56569$
65	$X = -0,626634 \quad V_0 + 6,58219$
67	$X = -0,617653 \quad V_0 + 6,61490$
73	$X = -0,616746 \quad V_0 + 6,61778$
77	$X = -0,614566 \quad V_0 + 6,62749$
T max.	$X = -0,614117 \quad V_0 + 6,63644$
69	$X = -0,614566 \quad V_0 + 6,64756$
Max. lum.	$X = -0,618638 \quad V_0 + 6,65584$

Il ne reste plus qu'à appliquer ce groupe d'équations successivement à chacun des éléments chimiques dont nous avons indiqué précédemment les potentiels d'ionisation.

3. — Résultats numériques.

Le calcul relatif à l'hélium n'est pas indiqué; aux températures envisagées pour *SU Cassiopeiae*, l'ionisation de l'hélium n'a pas encore commencé; on a donc $x \rightarrow 0$ pendant toute la variation lumineuse.

De même, les tableaux relatifs au potassium et au rubidium ne sont pas reproduits; pour le potassium ($V_0 = 4,32$), le minimum de l'ionisation serait 0,99985 et correspondrait à la phase E 75; pour le rubidium ($V_0 = 4,10$), le minimum de x vaudrait 0,99990 et correspondrait aussi à E 75; ces deux corps seraient donc, pendant toute la variation lumineuse, entièrement ionisés ou presque; mais nous avons déjà dit qu'on ne les signale pas dans les spectres stellaires.

Plaque	H ($V_0 = 13,53$)		Li ($V_0 = 5,37$)		C ($V_0 = 10$)		N ($V_0 = 10,8$)		O ($V_0 = 13,56$)	
	X	α	X	α	X	α	X	α	X	α
E 70	— 1,71433	0,138	3,33375	0,99977	+ 0,46946	0,86	— 0,02545	0,697	— 1,73289	0,134
71	— 1,95185	0,105	3,23764	0,99971	+ 0,29314	0,81	— 0,21563	0,613	— 1,97088	0,103
81	— 2,05304	0,094	3,19532	0,99968	+ 0,21739	0,79	— 0,29716	0,579	— 2,07234	0,092
84	— 2,33981	0,068	3,06933	0,99957	+ 0,00017	0,71	— 0,53014	0,477	— 2,35970	0,066
85	— 2,41399	0,062	3,03527	0,99954	— 0,05665	0,684	— 0,59089	0,452	— 2,43402	0,060
64	— 2,43731	0,060	3,02447	0,99953	— 0,07484	0,676	— 0,61036	0,444	— 2,45789	0,059
R max.	— 2,46002	0,059	3,00276	0,99950	— 0,11092	0,661	— 0,64904	0,432	— 2,50520	0,056
79	— 2,79459	0,040	2,84747	0,99929	— 0,35385	0,554	— 0,90699	0,332	— 2,81534	0,039
T min.	— 2,81148	0,039	2,83600	0,99927	— 0,36655	0,548	— 0,92206	0,327	— 2,83224	0,038
75	— 2,80351	0,039 (7)	2,83598	0,99927	— 0,35877	0,551	— 0,91078	0,331	— 2,81521	0,039
Min. lum.	— 2,75873	0,041	2,85052	0,99930	— 0,26640	0,593	— 0,87532	0,343	— 2,76909	0,041
63	— 2,33557	0,068	3,01866	0,99952	— 0,01834	0,700	— 0,54426	0,471	— 2,35527	0,066
82	— 2,30210	0,071	3,03300	0,99954	+ 0,00602	0,71	— 0,51700	0,483	— 2,32141	0,069
R min.	— 2,08909	0,090	3,13065	0,99963	+ 0,16896	0,77	— 0,34278	0,559	— 2,10828	0,088
65	— 1,89617	0,113	3,21717	0,99970	+ 0,31585	0,82	— 0,18546	0,629	— 1,91498	0,110
67	— 1,74295	0,134	3,29810	0,99975	+ 0,43837	0,855	— 0,05575	0,684	— 1,76047	0,131
73	— 1,72679	0,137	3,30585	0,99975	+ 0,45032	0,86	— 0,04308	0,689	— 1,74530	0,134
77	— 1,68759	0,142	3,32727	0,99976	+ 0,48183	0,869	— 0,00982	0,703	— 1,70602	0,139
T max.	— 1,67256	0,144	3,33863	0,99977	+ 0,49527	0,87	+ 0,00398	0,709	— 1,69099	0,141
69	— 1,66752	0,145	3,34734	0,99978	+ 0,50190	0,872	+ 0,01025	0,711	— 1,68595	0,142
Max. lum.	— 1,71433	0,138	3,33375	0,99977	+ 0,46946	0,86	— 0,02545	0,697	— 1,73289	0,134

Plaque	Na ($V_0 = 5,12$)		Mg ($V_0 = 7,61$)		Al ($V_0 = 5,96$)		Si ($V_0 = 8,5$)		S ($V_0 = 10,31$)	
	X	x	X	x	X	x	X	x	X	x
E 70	3,48841	0,99984	1,94800	0,994	2,96876	0,9994	1,39742	0,981	+ 0,27768	0,809
71	3,39663	0,99980	1,81309	0,992	2,86242	0,9993	1,24708	0,973	+ 0,09599	0,745
81	3,35612	0,99978	1,75459	0,991	2,81585	0,9992	1,18216	0,969	+ 0,01800	0,714
84	3,23505	0,99971	1,58447	0,987	2,67823	0,9990	0,99450	0,953	— 0,20532	0,620
85	3,20222	0,99969	1,53939	0,986	2,64127	0,9989	0,94705	0,948	— 0,26367	0,594
64	3,19182	0,99968	1,52502	0,985	2,62952	0,9988	0,92926	0,946	— 0,28235	0,586
R max.	3,17091	0,99966	1,49631	0,984	2,60597	0,9988	0,89776	0,942	— 0,31950	0,569
79	3,01032	0,99952	1,29867	0,976	2,43952	0,9982	0,68329	0,910	— 0,56819	0,461
T min.	3,00902	0,99951	1,28571	0,975 (2)	2,42767	0,9981	0,66975	0,907	— 0,58294	0,455
75	3,00848	0,99951	1,29035	0,975 (3)	2,42887	0,9981 (4)	0,67624	0,909	— 0,57267	0,459
Min. lum.	3,02206	0,99953	1,31353	0,976	2,56489	0,9986	0,70284	0,914	— 0,53910	0,473
63	3,18270	0,99967	1,54887	0,986	2,63153	0,9988	0,96489	0,950	— 0,22275	0,612
82	3,19643	0,99968	1,56854	0,987	2,64726	0,9989	0,98668	0,952	— 0,19665	0,623
R min.	3,29056	0,99975	1,69778	0,990	2,75324	0,9991	1,12847	0,965	+ 0,07066	0,700
65	3,37382	0,99979	1,81351	0,992	2,84745	0,9993	1,25580	0,974	+ 0,12159	0,755
67	3,45252	0,99981	1,91456	0,994	2,93369	0,9994	1,36485	0,979	+ 0,24690	0,800
73	3,46004	0,99982	1,92434	0,994 (1)	2,94198	0,9994	1,37544	0,980	+ 0,25913	0,803
77	3,48091	0,99983	1,95064	0,994 (5)	2,96468	0,9994 (6)	1,40368	0,981	+ 0,29131	0,813
Max. T	3,49216	0,99984 (1)	1,96301	0,994 (6)	2,97630	0,9994 (7)	1,41645	0,981 (3)	+ 0,30489	0,818
69	3,50098	0,99984 (2)	1,97071	0,994 (7)	2,98475	0,9994 (8)	1,42375	0,981 (7)	+ 0,31138	0,820
Max. lum.	3,48841	0,99984	1,94800	0,994	2,96876	0,9994	1,39742	0,981	+ 0,27768	0,809

Plaque	Ca ($V_0 = 6,08$)		Sc ($V_0 = 5,9$)		Ti ($V_0 = 6,5$)		V ($V_0 = 6,3$)		Cr ($V_0 = 6,7$)	
	X	x	X	x	X	x	X	x	X	x
E 70	2,89452	0,9993 (7)	3,00588	0,9995 (0)	2,63469	0,9988 (6)	2,75842	0,9991 (2)	2,51091	0,9984
71	2,78611	0,9992	2,90058	0,9994	2,51900	0,9985	2,64620	0,9989	2,39181	0,9981
81	2,75866	0,9991	2,85444	0,9993	2,46853	0,9983	2,59716	0,9987	2,33989	0,9977
84	2,59868	0,9988	2,71800	0,9991	2,32027	0,9976	2,45284	0,9982	2,18769	0,9967
85	2,56113	0,9986	2,68133	0,9990	2,28065	0,9974	2,41421	0,9981	2,14709	0,9965
64	2,54920	0,9986	2,66969	0,9990	2,26805	0,9973	2,40193	0,9981	2,13417	0,9964
R max.	2,52527	0,9985	2,60632	0,9988	2,24281	0,9972	2,37731	0,9979	2,10830	0,9961
79	2,35655	0,9978	2,48101	0,9984	2,06605	0,9957 (4)	2,20444	0,9969	1,92787	0,9941
T min.	2,34461	0,9977 (4)	2,46919	0,9983 (0)	2,05394	0,9956	2,19235	0,9968 (0)	1,91551	0,9939 (7)
75	2,34607	0,9977 (5)	2,47027	0,9983 (1)	2,05626	0,9956 (4)	2,19427	0,9968 (2)	1,91826	0,9940
Min. lum.	2,36335	0,9978	2,48686	0,9984	2,07517	0,9958	2,21240	0,9969	2,03793	0,9954
63	2,55279	0,9986	2,67090	0,9990	2,27721	0,9974	2,40844	0,9981	2,14597	0,9965
82	2,56881	0,9987	2,68649	0,9990	2,29423	0,9975	2,42495	0,9981	2,26347	0,9973
R min.	2,67648	0,9990	2,78162	0,9991	2,40782	0,9981	2,53575	0,9986	2,27988	0,9974
65	2,77226	0,9991	2,88505	0,9993	2,50907	0,9984	2,63440	0,9988	2,38374	0,9980
67	2,85957	0,9993	2,97075	0,9994 (6)	2,60016	0,9987	2,72369	0,9990 (5)	2,47662	0,9983
73	2,86796	0,9993	2,97898	0,9994 (7)	2,60893	0,9988	2,73228	0,9990 (7)	2,48558	0,9984
77	2,89093	0,9993 (6)	3,00155	0,9995 (0)	2,63281	0,9988 (6)	2,75572	0,9991 (2)	2,50990	0,9984
T max.	2,90261	0,9993 (8)	3,01315	0,9995 (2)	2,64468	0,9988 (7)	2,76750	0,9991 (4)	2,52186	0,9985
69	2,91100	0,9993 (9)	3,02162	0,9995 (3)	2,65288	0,9988 (9)	2,77579	0,9991 (6)	2,52997	0,9985 (3)
Max. lum.	2,89452	0,9993 (7)	3,00588	0,9995 (0)	2,63469	0,9988 (6)	2,75842	0,9991 (2)	2,51091	0,9984

Plaque	Mg ($V_0 = 7,4$)		Fe ($V_0 = 7,4$)		Co ($V_0 = 7,5$)		Ni ($V_0 = 7,6$)		Cu ($V_0 = 7,69$)	
	X	α	X	α	X	α	X	α	X	α
E 70	2,07792	0,995 (8)	2,07792	0,9958	2,01605	0,995 (2)	1,95419	0,994 (6)	1,89854	0,993 (7)
71	1,94664	0,994	1,94664	0,994	1,88304	0,993	1,81944	0,992	1,76220	0,991
81	1,88956	0,993	1,88956	0,993	1,82534	0,992	1,76102	0,991	1,70314	0,990
84	1,72367	0,991	1,72367	0,991	1,65738	0,989	1,59109	0,987	1,53142	0,985
85	1,67963	0,990	1,67963	0,990	1,61285	0,988	1,54607	0,986	1,48595	0,984
64	1,66559	0,989 (4)	1,66559	0,989 (4)	1,59865	0,987 (6)	1,53171	0,985 (7)	1,47154	0,983 (5)
R max.	1,63954	0,988 (7)	1,63954	0,988 (7)	1,57028	0,987	1,50303	0,985	1,44250	0,982 (5)
79	1,44387	0,982 (5)	1,44387	0,982 (5)	1,37472	0,980	1,30558	0,975 (8)	1,24335	0,972 (6)
T min.	1,43105	0,982 (0)	1,43105	0,982 (0)	1,36184	0,979	1,29263	0,975 (3)	1,23035	0,971 (8)
75	1,43526	0,982 (1)	1,43526	0,982 (1)	1,36625	0,979 (2)	1,29725	0,975 (6)	1,23515	0,972 (1)
Min. lum.	1,45762	0,983 (0)	1,45762	0,983 (0)	1,38900	0,980	1,32038	0,977	1,25863	0,975
63	1,68667	0,989 (8)	1,68667	0,989 (8)	1,62104	0,988	1,55542	0,986 (5)	1,46537	0,983
82	1,70583	0,990	1,70583	0,990	1,63044	0,988 (6)	1,56504	0,987	1,51620	0,985
R min.	1,83211	0,992	1,83211	0,992	1,76814	0,991	1,70417	0,990	1,64660	0,989
65	1,94510	0,994	1,94510	0,994	1,88243	0,993	1,81977	0,992	1,76337	0,992
67	2,04427	0,995 (4)	2,04427	0,995 (4)	1,98250	0,994 (8)	1,92073	0,994	1,86514	0,993 (2)
73	2,05386	0,995 (5)	2,05386	0,995 (5)	1,99218	0,994 (9)	1,93051	0,994 (2)	1,87512	0,993 (4)
77	2,07970	0,995 (8)	2,07970	0,995 (8)	2,01824	0,995 (2)	1,95678	0,994 (6)	1,90147	0,993 (8)
Max. T	2,09197	0,995 (9)	2,09197	0,995 (9)	2,03056	0,995 (37)	1,96915	0,994 (7)	1,91388	0,993 (9)
69	2,09977	0,996 (0)	2,09977	0,996 (0)	2,03821	0,995 (45)	1,97685	0,994 (8)	1,92154	0,994 (1)
Max. lum.	2,07792	0,995 (8)	2,07792	0,995 (8)	2,01605	0,995 (2)	1,95419	0,994 (6)	1,89854	0,993 (7)

Plaque	Zn ($V_0 = 9,35$)		Ga ($V_0 = 5,97$)		Sr ($V_0 = 5,67$)		Y ($V_0 = 6,0$)		Zr ($V_0 = 6,3$)	
	X	α	X	α	X	α	X	α	X	α
E 70	0,87157	0,938	2,96190	0,9994 (6)	3,14816	0,9996 (4)	2,94401	0,9994 (4)	2,75842	0,9991 (2)
71	0,70651	0,914	2,85606	0,9993	3,04685	0,9995 (5)	2,83698	0,9992	2,64620	0,9989
81	0,63546	0,901	2,80942	0,9992	3,00237	0,9995 (0)	2,79012	0,9991	2,59716	0,9987
84	0,43105	0,854	2,67160	0,9990	2,87046	0,9993	2,65171	0,9989	2,45284	0,9982
85	0,37742	0,839	2,63459	0,9989	2,83493	0,9992	2,61455	0,9988	2,41421	0,9981
64	0,36027	0,834	2,62283	0,9988	2,82385	0,9992	2,60275	0,9988	2,40193	0,9981
R max.	0,32612	0,824	2,59924	0,9988	2,80100	0,9991	2,57907	0,9987	2,37731	0,9979
79	0,09558	0,745	2,43261	0,9982	2,63004	0,9988 (4)	2,41187	0,9981	2,20444	0,9969
T min.	0,08147	0,739	2,42075	0,9981	2,62837	0,9988 (2)	2,39998	0,9980 (1)	2,19235	0,9968 (0)
75	0,08974	0,743	2,42197	0,9981 (4)	2,62897	0,9988 (3)	2,40127	0,9980 (2)	2,19427	0,9968 (2)
Min. lum.	0,11961	0,755	2,55803	0,9986	2,64472	0,9989	2,41824	0,9981	2,21240	0,9969
63	0,40716	0,848	2,62497	0,9988	2,82182	0,9992	2,60528	0,9988	2,40844	0,9981
82	0,43097	0,854	2,64072	0,9989	2,83686	0,9993	2,62111	0,9988	2,42495	0,9981
R min.	0,58475	0,891	2,74684	0,9991	2,93874	0,0994	2,72765	0,9991	2,53575	0,9986
65	0,72316	0,917	2,84118	0,9993	3,02918	0,9995 (3)	2,82239	0,9992	2,63440	0,9988
67	0,83984	0,935	2,92741	0,9994	3,11281	0,9996 (1)	2,90898	0,9993	2,72369	0,9990 (5)
73	0,84920	0,936	2,93581	0,9994 (4)	3,12083	0,9996 (2)	2,91730	0,9994	2,73228	0,9990 (7)
77	0,88130	0,940	2,95853	0,9994 (6)	3,14290	0,9996 (4)	2,94009	0,9994 (4)	2,75572	0,9991 (2)
T max.	0,89445	0,941 (9)	2,97016	0,9994 (7)	3,15440	0,9996 (5)	2,95174	0,9994 (5)	2,76750	0,9991 (4)
69	0,90137	0,942 (5)	2,97860	0,9994 (8)	3,16297	0,9996 (6)	2,96007	0,9994 (6)	2,77579	0,9991 (6)
Max. lum.	0,87157	0,938	2,96190	0,9994 (6)	3,14816	0,9996 (4)	2,94401	0,9994 (4)	2,75842	0,9991 (2)

4. — Courbes d'ionisation.

On remarquera qu'aux températures régnant dans la couche renversante de SU *Cassiopeiae*, les éléments chimiques considérés (ceux dont on relève les raies d'absorption dans les spectres stellaires) sont presque tous très fortement ionisés, le degré x d'ionisation variant entre des limites très rapprochées, comprises elles-mêmes entre 0,9 et 1; ne font exception que le soufre dans le groupe II, le zinc dans le groupe III, et les éléments du groupe I sauf le lithium.

Les courbes d'ionisation des éléments, dont les potentiels V_0 sont inférieurs à 9 volts, sont donc des lignes peu « courbées » comprises entre deux parallèles à l'axe du temps, d'ordonnées respectives 0,9 et 1; plus exactement, elles sont comprises entre la droite AB et la courbe relative au Silicium, pour lequel on a $V_0 = 8,5$ (fig. 2).

Pour les corps dont les potentiels V_0 sont compris entre 9 et 11, les courbes d'ionisation présentent des ondulations plus accusées

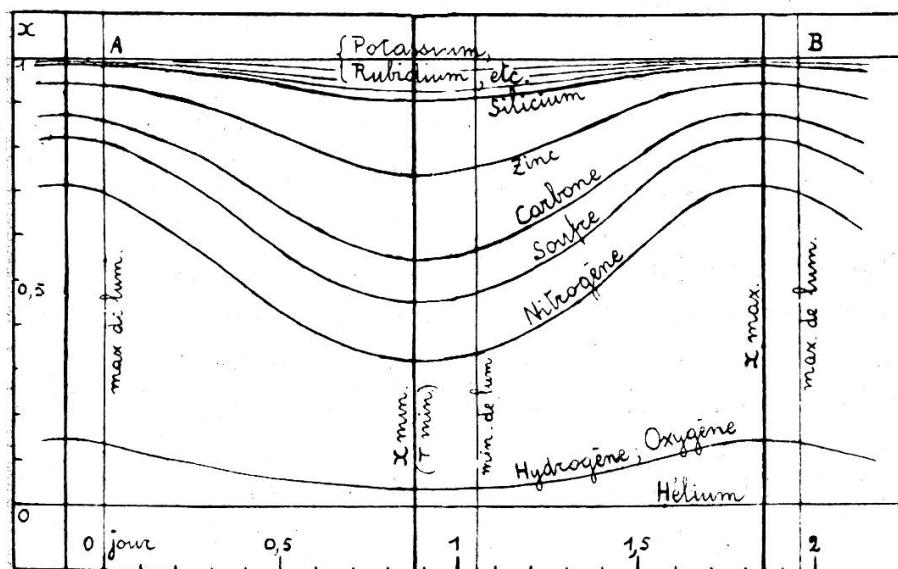


Fig. 2 — Courbes d'ionisation

(zinc, carbone, soufre, azote); tandis qu'aux éléments dont les potentiels V_0 sont supérieurs à 13,5 (hydrogène, oxygène, hélium), correspondent des courbes très peu accentuées,

analogues à celles relatives aux corps de faibles potentiels (fig. 2).

Pour chacune de ces courbes, la branche descendante a la même durée que la branche ascendante. Cela provient du fait que la phase de x min. (T min., I max.) précède le minimum de lumière de $0^d,170$ à peu près, tandis que la phase de x max. (plaque E 69) ne précède le maximum de lumière que de $0^d,095$ environ; le temps qui s'écoule de x min. à x max. est ainsi de $0^d,975$ et celui qui s'écoule de x max. à x min. est de $0^d,095 + 0^d,880 = 0^d,975$.

Remarquons ici que, dans l'étude que nous avons faite de *SU Cassiopeiae*¹, nous avons trouvé comme phase du maximum de T la valeur $1^d,800$ en nous basant sur la courbe des pressions et sur la courbe des températures; le « décalage » de T max. par rapport au maximum de lumière est ainsi presque égal au décalage de T min. par rapport au minimum de lumière; et nous avons indiqué (mais sans photographie spectrale correspondante) que la phase $1^d,800$ était probablement celle du type spectral le moins avancé (A_8). Le calcul de l'ionisation a montré qu'en réalité, le type spectral le moins avancé correspond à la phase $1^d,855$ (plaque E 69) environ.

Ainsi, le type spectral le plus avancé précède le minimum de lumière de $0^d,170$, et le type le moins avancé ne précède le maximum de lumière que de $0^d,095$.

Les branches ascendante et descendante de chaque courbe d'ionisation étant égales, on est tenté d'en conclure que ces courbes sont symétriques par rapport à l'axe portant les x min.; si l'on considère le graphique précédent, il semble bien que ce soit très sensiblement le cas.

Ainsi, ni la courbe de lumière, ni celle des P , ni celle des T , ni celle des I , ne sont symétriques par rapport à un axe perpendiculaire à l'axe du temps; mais les pressions et les températures se combinent de telle façon que les courbes des variations d'ionisation sont presque symétriques par rapport à l'axe qui

¹ *Loc. cit. Pubblicazioni del R. Osservatorio Astrofisico di Arcetri*, fasc. 44 (1927).

correspond à la phase $0^{\text{d}},880$ (I max., T min., x min.). Si enfin on compare ces courbes d'ionisation à celle de pulsation de l'étoile ¹, on constate que le maximum d'ionisation est atteint alors que le rayon stellaire, après avoir passé par son minimum est encore inférieur à sa valeur primitive (maximum de lumière) de 85000 à 90000 km environ; tandis que le minimum de l'ionisation a lieu lorsque le rayon, après avoir passé par son maximum, est encore supérieur à sa valeur primitive de 80000 km environ.

Mais il y a plus. Les tableaux qui précèdent ont montré que le minimum x est situé entre la phase de T min. et celle de E 75; il est en E 75 pour les éléments de potentiel V_0 inférieur à 5,4 volts (rubidium, potassium, sodium, lithium); il s'éloigne de E 75 vers T min. pour les éléments de potentiels plus forts que 5,4. Dans l'ensemble, le type spectral le moins ionisé a lieu pour la phase de T min., à très peu près.

Pour le maximum de x , les choses se passent un peu différemment; pour tous les éléments, le maximum de l'ionisation a lieu pour une phase très rapprochée de celle de E 69 (précédant légèrement peut-être E 69); le type spectral le plus ionisé, dans l'ensemble, correspond donc à très peu près à la phase de E 69.

Or, la phase de E 69 ($1^{\text{d}},855$) ne coïncide pas avec celle de T max. ($1^{\text{d}},800$).

Autrement dit, le type spectral le moins avancé (A_{8-9}) ne correspond pas à l'état de température maximum, mais à l'état d'ionisation maximum. Il n'y a rien là de bien étonnant; le type spectral dépend du degré x d'ionisation des différents éléments; or, l'ionisation ne dépend pas de la seule température T, mais aussi de la pression P. En conséquence, le maximum de x ne saurait coïncider avec le maximum de T que s'il coïncidait simultanément avec le minimum de P, et tel n'est pas le cas. Le maximum de x n'a donc pas la même phase que le maximum de T; le calcul montre que cette phase est comprise entre celle du maximum de T et celle du maximum de lumière.

Ainsi, ni le maximum de x (type spectral le moins avancé),

¹ *Loc. cit.*

ni le maximum de lumière ne coïncident avec le maximum de T; ils dépendent tous deux, non seulement de T, mais encore de P.

De même, la phase du minimum de x suit de peu la phase du minimum de T; mais ici la différence est très faible, pratiquement insensible; nous verrons plus loin pourquoi.

On peut encore énoncer ces faits en disant que les courbes de variation de l'ionisation ne correspondent pas exactement à la courbe de variation de l'index I de lumière; ce dernier, en effet, ne dépend que de la température T:

$$I = \frac{7200}{T} - 0,611^1.$$

En résumé, on a à considérer cinq types de courbes:

Courbe	Phases des sommets	Axe de symétrie \perp à l'axe du temps
Variation de lumière	0 ^d ; 1 ^d ,05 et 1 ^d ,95	—
Variation de T	0,900 et 1,800	—
Variation de P	0,500 et 1,480	—
Variation de I	0,900 et 1,800	—
Variation de x	0,880 et 1,855	0 ^d ,880 et 1,855

5. — Conséquences.

Il importe donc de distinguer entre I et x , puisque l'une de ces deux quantités est fonction de T seule, tandis que la seconde est fonction de T et de P.

Mais il est essentiel de constater que la succession des types spectraux le long de la courbe de lumière n'est donnée, ni par l'échelle des I, ni par l'échelle des x . En effet, à deux types spectraux identiques, situés respectivement sur les branches ascendante et descendante de la courbe de lumière, correspondent deux valeurs différentes de I, ou deux valeurs différentes de x .

Nous pensons que le type spectral relatif à une certaine phase est fonction, non seulement de T et de P (donc de x), mais

¹ *Loc. cit.*

encore du « coefficient k d'absorption »; on sait en effet que ce coefficient varie avec T et P ; et cette variation influence grandement « l'apparence » de l'étoile; c'est elle qui provoque le « lag »¹ du spectre le long de la courbe de lumière. On pourra donc écrire, si l'on représente la succession des spectres par une succession de nombres $Sp.$:

$$Sp = f(x; k) .$$

Nous avons trouvé des courbes d'ionisation pourvues d'une symétrie frappante; cela signifie qu'à des intervalles de temps égaux, avant et après $x_{\max.}$ ou $x_{\min.}$, on trouve des phases d'ionisation réelle identique. Mais ce n'est pas là ce que l'on voit; ce n'est pas « l'apparence »; c'est la réalité « interne » de la couche extérieure de l'étoile.

Si l'on étudie ce qui se passe après le minimum de x par exemple, on constate que la pression augmente; il en résulte un accroissement du coefficient k d'absorption; cela provoque d'abord un affaissement de la magnitude de l'astre, comme nous l'avons déjà signalé dans notre mémoire sur *SU Cassiopeiae*; mais, en outre, cela provoque un « avancement » du type spectral vers la classe M; nous pensons en effet que, si le coefficient k augmente, l'effet s'en fait sentir plus fortement sur les radiations de faibles longueurs d'ondes que sur celles de grandes longueurs d'ondes; le spectre est donc plus fortement atteint dans sa partie ultra-violette que dans la partie rouge; le maximum d'intensité du spectre est déplacé vers le rouge.

De même, avant le minimum de x , la pression est plus faible qu'elle ne l'est au minimum lui-même; ce qui a pour effet d'augmenter la magnitude d'une part, et d'autre part de diminuer le coefficient k ; le spectre se trouve plus intense dans sa partie ultra-violette.

Ainsi, malgré que, pour deux phases également distantes de celle du minimum de x , l'ionisation soit la même, les spectres

¹ *Loc. cit.* Le lag d'une céphéide est le phénomène du retard ou de l'hésitation que semble mettre l'étoile variable à quitter un type spectral extremum.

respectifs sont différents, à cause de l'influence du coefficient d'absorption.

Ce dernier joue donc un rôle essentiel; il permet d'expliquer la forme générale de la courbe de lumière, dont la branche ascendante est plus courte que la branche descendante, alors que les maxima et les minima de x se succèdent alternativement à intervalles de temps égaux; il explique le « lag » de l'étoile; enfin, à cause de lui, il ne suffit pas de connaître le degré d'ionisation des éléments pour pouvoir en déduire le type spectral.

Pourtant, on peut dire que l'ionisation maximum correspond au type spectral le moins avancé, l'ionisation minimum au type spectral le plus avancé. Et nous avons vu que la phase de $x_{\max.}$ n'est pas celle de $T_{\max.}$. Comment donc les choses se passent-elles ?

A la phase de $x_{\max.}$, la température est légèrement inférieure à $T_{\max.}$; mais, en même temps, la pression est inférieure à celle qui règne à la phase de $T_{\max.}$; le coefficient d'absorption k est donc un peu diminué, ce qui a pour effet de compenser l'action de la diminution de T , et même de la dominer; le spectre est ainsi un peu moins avancé que pour $T_{\max.}$. Le même jeu de k et de T explique le maximum de lumière, qui suit le maximum de T et celui de x .

De même, $x_{\min.}$ correspond au type spectral le plus avancé; mais ici, les choses se passent plus simplement, puisque la phase de $x_{\min.}$ coïncide très sensiblement avec celle de $T_{\min.}$ (sauf pour les éléments de très faibles potentiels V_0).

On peut se demander comment il se fait que le type spectral le plus avancé coïncide (ou presque) avec la phase de $T_{\min.}$, tandis que la phase de $x_{\max.}$ suit celle du maximum de T ? La réponse résulte encore du jeu combiné de T , P et k . Si l'on étudie la courbe de variation de P , on constate que la diminution de P dans la région de $T_{\max.}$ est plus rapide que n'est l'augmentation de P dans la région de $T_{\min.}$; il en résulte que l'effet dû au coefficient k est plus sensible au maximum de T qu'au minimum de T ; de même, l'effet de P sur x est plus sensible après $T_{\max.}$ qu'après $T_{\min.}$.

Il semble donc ressortir de cette étude que:

1^o A magnitude égale, de même qu'à spectre égal, l'index I de couleur est plus faible sur la branche ascendante de la courbe de lumière que sur la branche descendante; et l'on retrouve là la distinction que l'on fait communément entre les index I des « nains » et des « géants » de Russell, puisque les rayons correspondant aux phases de la branche montante sont plus petits que les rayons correspondant aux phases de la branche descendante;

2^o A magnitude égale, l'ionisation x est plus forte sur la branche ascendante que sur la branche descendante;

3^o Ce ne sont pas $I_{\max.}$ et $I_{\min.}$ qui donnent les types spectraux extrêmes; ce sont les valeurs maxima et minima de x ;

4^o Pour toutes les autres phases, le type spectral n'est déterminé, ni par la simple connaissance de I , ni par celle de x ; les choses se passent d'une façon plus compliquée, que nous avons représentée par la notation:

$$Sp = f(x; k) .$$

(à suivre)
