

LES CHANGEMENTS DANS LE SPECTRE DE β LYRAE

A. BÉLOPOLSKY.

Dans la collection des spectrogrammes des étoiles, que nous avons obtenu au moyen du nouveau spectrographe adapté au grand réfracteur de l'Observatoire de Poulkovo, c'est celui de β Lyrae, que nous avons soumis à l'analyse présente.

Ces spectres, obtenus sur les plaques arthochromatiques d'Edwards, s'étendent de la raie *D* jusqu' à la raie *H γ* .

La fente étant mise au foyer des raies 500μ , le spectre sur la plaque a la largeur suivante dans les différentes parties, réduite au plan 500μ .

589 μ	0.06 ^{mm}	486 μ	0.07 ^{mm}
560	0.17	480	0.18
550	0.20	470	0.30
540	0.14	455	0.65
527	0.10	447	0.89
517	0.05	441	1.03
501	0.00	434	1.30
492	0.00		

En commençant du 24 août jusqu'au 26 novembre nous avons obtenu 25 spectrogrammes de β Lyrae avec les raies artificielles de *H*, *Na* et *Fe*. Ce sont août: 24, 25, 30; septembre 4, 7, 8, 18, 19, 22, 23, 24, 25, 27, 30. Octobre 1, 2, 3, 7, 11, 19, 20, 22, 26. Novembre 25, 26.

Les plaques, obtenues entre le 24 août et le 23 septembre peuvent être employées pour la description générale du spectre, tandis que tout le reste (excepté celles du 25 septembre et du 1^{er} octobre) permet de faire les mesures des positions des raies. C'est seulement en commençant du 11 octobre que s'y trouvent, outre les raies de *H*, encore les raies artificielles de *Na*.

Les mesures des positions des raies spectrales ont été faites relativement aux raies du spectre solaire, dont un spectrogramme (*A*) était superposé sur celui de l'étoile, en faisant coïncider approximativement les raies artificielles avec les raies correspondantes

du spectre solaire. Les mesures ont été transformées en longueur d'onde au moyen des formules suivantes:

$$\begin{aligned}
 \lambda &= 589\mu\mu.625 - [0.33175] r + [8.0558] r^2 \\
 &= 560 .235 + [0.25441] r + [8.0873] r^2 \\
 &= 545 .580 + [0.21042] r + [7.9313] r^2 \\
 &= 537 .175 + [0.18871] r + [7.6948] r^2 \\
 &= 527 .016 + [0.14948] r + [7.9467] r^2 \\
 &= 516 .787 + [0.10586] r + [8.0664] r^2 \\
 &= 506 .521 + [0.08236] r + [7.7928] r^2 \\
 &= 493 .404 + [0.02639] r + [7.8572] r^2 \\
 &= 486 .160 - [0.00154] r + [7.5080] r^2 \\
 &= 486 .160 + [0.01210] r + [7.6160] r^2 \\
 &= 470 .331 + [9.94111] r + [7.6536] r^2 \\
 &= 461 .363 + [9.91301] r + [7.4298] r^2 \\
 &= 453 .121 + [9.87563] r + [7.4274] r^2 \\
 &= 449 .477 + [9.8543] r + [7.6189] r^2 \\
 &= 439 .533 + [9.8148] r + [7.3591] r^2
 \end{aligned}$$

où les nombres en parenthèses sont les log; r est la différence des lectures du tambour de la vis à mesure. Nous nous sommes servi du système de Potsdam pour les longueurs d'ondes des raies fondamentales.

L'erreur probable de chaque formule = $\pm 0\mu\mu.015$.

La comparaison des intervalles entre les raies artificielles sur les spectrogrammes de β Lyrae et les raies correspondantes sur le spectrogramme employé (A) du soleil a découvert une série de corrections — fonctions de température. Ces corrections, déduites graphiquement, sont:

	+ 9°.0 C.	- 0°.4 C.	- 11°.2 C.
434 $\mu\mu$	0.000 r	0.000 r	0.000 r
444	15	36	83
454	26	53	147
464	34	77	193
474	40	90	227
484	45	99	254
494	47	101	265
574	54	104	280
534	65	107	290
554	77	109	295
574	96	111	300
590	0.119	0.113	306

Les petites corrections de l'inégalité d'une révolution de la vis ont été négligées. Le grossissement du microscope, identique dans sa construction avec celui de Potsdam,

fut employé de 5 à 15 fois. J'ai tâché de faire les mesures pendant les journées au ciel couvert, car dans ce cas on s'aperçoit d'une quantité de raies faibles presque invisibles en circonstances diverses.

Le spectre de l'étoile variable β Lyrae appartient, comme on le sait bien, au type I c d'après la classification de M. Vogel, c'est-à-dire c'est un spectre avec peu de raies; elles sont larges, diffuses, sombres et brillantes.

L'analyse des spectrogrammes de Poulkovo a montré les détails suivants: les raies les plus remarquables sont D_3 , $501\mu\mu.4$, $492\mu\mu$, F , $471\mu\mu$, $448\mu\mu$, $447\mu\mu$. Elles sont toutes ou sombres et larges, ou brillantes, ou sombres et avec les bords brillants. Tandis que les raies sombres conservent plus ou moins leur position, les raies brillantes, au contraire, oscillent et disparaissent de temps en temps. La raie D_3 devient tantôt très vive, double, tantôt elle disparaît tout à fait.

La raie F consiste presque toujours de deux raies brillantes dont l'une disparaît ou devient très étroite; entre ces deux raies brillantes on voit un raie sombre. De temps en temps tout près de la raie F on voit encore une seconde raie sombre.

La raie $501\mu\mu.4$ est sombre, très marquée avec les bords brillants. Les changements sont identiques aux changements de la raie F .

Les autres raies, comme $492\mu\mu$, $471\mu\mu$ et d'autres, sont ou sombres ou brillantes, ou disparaissent tout à fait.

Il y a encore une quantité considérable de raies sombres, très étroites, à peine visibles, qui se trouvent principalement dans l'intervalle $H\beta - H\gamma$. La partie du spectre entre $H\beta$ et D est presque toujours exposée de trop et peut-être c'est la cause que dans cette région on n'en s'aperçoit pas.

Pour trouver une liaison entre les changements de l'aspect du spectre et le changement de l'éclat de l'étoile, j'ai soumis à l'analyse séparément les changements dans les raies principales et les changements de l'aspect de tout le spectre.

Pour ce dernier but, M. Morine, astronome de l'Observatoire, a fait d'après les spectrogrammes les dessins avec beaucoup de soin; les copies de ces dessins se trouvent dans la Table CCXCIII. Vis-à-vis se trouve le dessin de la courbe de la variation de l'éclat d'après Argelander. Les traits qui coupent cette courbe montrent quel éclat avait l'étoile pendant le temps de pose. C'est l'éphéméride que l'on trouve dans l'Annuaire du Bureau des Longitudes, que nous avons employé. D'après cette éphéméride les minimums principaux ont eu lieu:

Août 30, 21^h ; septembre 12, 19^h ; 25, 17^h ; octobre 8, 15^h ; 21, 13^h ; T. m. de Poulkovo
Les maximums: septembre 3, 2^h ; 16, 0^h ; 28, 22^h ; octobre 11, 20^h ; 24, 18^h ; novembre 19, 14^h .

Les minimums secondaires: septembre 6, 6^h ; 19, 4^h ; octobre 2, 2^h , 15, 0^h ; 27, 22^h ; novembre 9, 20^h .

L'analyse de la raie F brillante.

L'analyse des changements dans cette raie permet de faire la supposition, que sa duplicité dépend d'une (ou de deux) raie sombre, c'est-à-dire que la raie sombre est superposée sur une raie brillante, large.

Si les deux spectres (l'un renfermant la raie brillante, l'autre la raie sombre) changent leur position relative, il peut arriver que la raie sombre se trouvera par un jour au bord de la raie brillante; dans ce cas la raie brillante sera simple, dans toutes les autres circonstances elle sera double et ses composantes auront, en général, une largeur différente. En examinant les dessins des spectrogrammes de Poulkovo, on voit que la raie *F* a précisément l'aspect mentionné et que les changements sont périodiques avec une période à peu près de 13 jours (l'éclat change dans l'intervalle 12.9 jours).

C'est au moment du minimum principal (éphéméride octobre 21 13^h t. m. de Poulkovo; spectrogramme octobre 22 7^h t. m. de Poulkovo) que la raie brillante devient simple à côté de deux raies sombres dont l'une est sur le bord et l'autre tout à fait isolée. Vers le temps du maximum suivant la raie brillante devient double, mais l'une des composantes, celle du côté viol., est très étroite (septembre 27, 30, octobre 11, 26). Pendant le minimum secondaire elle devient double et symétrique (octobre 1, 2, 3). Vers le maximum suivant l'aspect change peu, et seulement la composante du côté rouge est un peu plus étroite que l'autre. Après ce maximum sur le bord extérieur de la composante du côté rouge se montrait une raie sombre (septembre 23 et 24).

Dans la supposition que les deux raies brillantes ne soient que les parties d'une seule raie large, qu'elles appartiennent au spectre d'un corps, nous avons tâché de trouver les vitesses du mouvement de ce corps en mesurant les différences des longueurs d'onde entre la raie artificielle et la raie brillante de l'étoile. Nous faisons les pointages sur les bords extérieurs de cette raie avec toutes les précautions possibles. Les mesures ont été effectuées sur les spectrogrammes originaux et sur des copies diapositif, répétées à diverses circonstances en employant les grossissements différents. Il faut remarquer que la raie artificielle *F* est placée de deux côtés du spectre sans couvrir les raies du spectre. Nous avons employé seulement les meilleurs spectrogrammes pour éviter les préjugés dans les pointages.

	<i>Différence</i>	<i>Vitesse rel. à la terre.</i>
Septembre 23.3	— 0.109 r = — 0 ^m .110	— 9.1 l. g.
24.4	— 0.113 = — 0 .114	— 9.5
25.4	— 0.027 = — 0 .027	— 2.2
27.3	+ 0.083 = + 0 .084	+ 7.0
30.3	+ 0.153 = + 0 .155	+ 12.9
Octobre 2.3	+ 0.046 = + 0 .047	+ 3.9
3.3	— 0.017 = — 0 .017	— 1.4
7.3	— 0.086 = — 0 .087	— 7.2
11.3	+ 0.147 = + 0 .149	+ 12.4
19.3	— 0.121 = — 0 .123	— 10.2
20.3	— 0.096 = — 0 .097	— 8.1
22.3	Un bord est couvert par la raie ombre, impossible de mesurer.	
26.3	+ 0.152 = + 0 .154	+ 12.8
Novembre 25.2	— 0.060 = — 0 .061	— 5.1
26.2	— 0.102 = — 0 .103	— 8.6

Le signe — correspond au déplacement vers le viol. du spectre.

Le signe + correspond au déplacement vers le rouge du spectre.

La vitesse de la terre relative à l'étoile était pendant tout ce temps = + 2.1. Ainsi les vitesses de l'étoile relatives au soleil seront:

Septembre	23.3	— 11.2
	24.4	-- 11.6
	25.4	-- 4.3
	27.3	+ 4.9
	30.3	+ 10.8
Octobre	2.3	+ 1.8
	3.3	— 3.5
	7.3	— 9.3
	11.3	+ 10.3
	19.3	— 12.3
	20.3	— 10.2
	26.3	+ 10.7
Novembre	25.2	— 7.2
	26.2	— 10.7

En supposant que l'étoile se meut sur un cercle, calculons sa vitesse orbitale d'après la formule

$$V = \frac{W}{\sin \psi}$$

où W est la vitesse déterminée et ψ est l'angle entre le rayon recteur et la ligne menée du soleil vers le centre de l'orbite.

En supposant plusieurs époques pour le temps du passage du point périhélie, nous avons trouvé que ce sont: septembre 26.4, octobre 9.3, 22.25, 30.0 qui satisfont le mieux aux observations. (L'éphéméride donne pour les temps des minimums principaux d'éclat: septembre 25.7, octobre 8.6, 21.5, novembre 29.3). Ainsi nous trouvons:

	ψ	$\frac{W}{\sin \psi}$
Septembre 23	— 86°.2	11.2 l.g.
24	-- 57 .2	13.8
25	— 27 .9	9.2
27	+ 25 .4	11.4
30	+ 109 .1	11.3
Octobre 2	+ 164 .8	6.9
3	— 167 .6	16.3
7	-- 56 .1	11.2
11	+ 55 .5	12.3
19	— 82 .3	12.4

		ψ	$\frac{W}{\sin \psi}$
Octobre	20	— 54° 4	12.6
	26	+ 113 .0	11.6
Novembre	25	— 133 .9	10.0
	26	— 106 .0	11.1
Moyenne			11.4

Excluant le spectrogramme de septembre 25 à cause de sa faiblesse, nous aurons la vitesse moyenne = 11,7 l.g., ou en nombre rond = 12 l.g. Calculons avec cette valeur les valeurs de V ; on aura.

	<i>Calcul</i>	<i>Observ.</i>	<i>C - O</i>
Septembre	23 — 11.9 l.g.	— 11.2 l.g.	— 0.7 l.g.
	24 — 10.2	— 11.6	+ 1.4
	25 — 4.9	— 4.3	— 0.6
	27 + 5.1	+ 4.9	+ 0.2
	30 + 11.4	+ 10.8	+ 0.6
Octobre	2 + 3.1	+ 1.8	+ 1.3
	3 — 2.6	— 3.5	+ 1.9
	7 — 10.0	— 9.3	— 0.7
	11 + 9.9	+ 10.3	+ 0.4
	19 — 11.8	— 12.3	+ 0.5
	20 — 9.8	— 10.2	+ 0.5
	26 + 11.1	+ 10.7	— 0.4
Novembre	25 — 8.7	— 7.2	— 1.5
	26 — 11.6	— 10.7	— 0.9

Nous trouvons un accord plus que suffisant, parce que le spectrographe employé peut à peine donner les vitesses avec la certitude d'une lieue g. C'est seulement à la grande quantité de mesures que nous avons effectué qu'on peut attribuer l'accord trouvé.

Il faut remarquer que le spectrogramme de septembre 25 est très faible et les mesures sont très difficiles.

Peut être que les mesures de la raie 501μ pourraient donner les mêmes résultats, mais le manque d'une raie artificielle suffisamment proche n'a pas permis d'effectuer les mesures.

On peut croire que le minimum de l'éclat provient de ce que le corps, dont le spectre est caractérisé par la raie F brillante, passe devant une autre étoile, produisant une éclipse partielle. Cette conclusion repose sur le fait que le spectre continu devient faible près du temps du minimum principal, tandis que la raie brillante F ne diminue pas son éclat.

En prenant pour la vitesse sur l'orbite circulaire la valeur 12 l.g., nous pouvons

calculer les dimensions de l'orbite en prenant la période = 12 j. 21^h 47^m 59^s ou en nombre rond

$$1115280^s$$

nous trouverons la longueur de la circonférence

13383360 l.g. et le diamètre

4260000 id.

La somme des masses = 1 m. du soleil.

La raie F sombre.

Cette raie semble consister aussi de deux, cependant c'est rarement qu'elles sont séparées. Par exemple, le 8 septembre et le 25 novembre on voit, outre la raie sombre ordinaire, située dans la raie brillante, encore une en dehors de la raie brillante du côté rouge. Le 22 octobre il semble que toutes les deux raies soient en dehors de la raie brillante, l'une est plus forte que l'autre; elles sont situées du côté viol. Le 23 et 24 septembre, outre la raie sombre, située dans la raie brillante, on voit une raie sombre sur le bord de la raie brillante du côté rouge. Le 27 septembre la raie sombre dans la raie brillante est très large, comme si elle eût été double.

Peut être que cette seconde raie sombre masque les changements de la longueur d'onde de l'autre, sans quoi ces changements peut-être seraient aussi réguliers comme ceux de la raie brillante; peut être qu'il faut là-dedans chercher qui fait la cause, que la raie sombre située au milieu de la raie brillante est toujours déplacée vers le bout viol.

Voici les différences des longueurs d'ondes entre la raie artificielle et les raies sombres:

	I.	II.	III.	IV.
Septembre 23	- 0 ^m .034	+ 0 ^m .374	- 4.9 l.g.	+ 29.8 l.g.
24	- 0 .093	+ 0 .404	- 9.8	+ 32.4
25	-	+ 0 .597	-	+ 48.6
27	- 0 .204	-	- 19.1	-
30	- 0 .037	-	- 5.1	-
Octobre 2	- 0 .033	-	- 4.8	-
3	- 0 .033	-	- 4.8	-
7	- 0 .050	-	- 6.3	-
11	- 0 .077	-	- 8.5	-
19	- 0 .046	-	- 5.9	-
20	- 0 .132	-	- 13.1	-
22	- 0 .121	- 0 .572	- 12.5	- 51.0
26	- 0 .082	-	- 8.9	-
Novembre 25	- 0 .051	+ 0 .678	- 6.4	+ 55.8
26	- 0 .100	+ 0 .635	- 10.4	+ 52.1

Dans la première colonne se trouvent les chiffres qui se rapportent à la raie sombre dans la raie brillante; dans la seconde à la raie sombre isolée.

Les colonnes III et IV donnent les vitesses relativement au soleil, correspondantes aux déplacements.

Nous ajoutons encore les mesures de la raie II sur le spectrogramme du 8 septembre. La vitesse qui en résulte relativement au soleil = + 60.6 l. g.

Peut-être qu'en combinant ensemble les vitesses des deux raies sombres on pourrait trouver des changements plus réguliers que pour chacune séparément. Cependant nous n'avons pas encore les données suffisantes pour ce but.

La raie D_3 (Helium).

Cette raie présente deux changements: ou elle disparaît tout à fait, ou elle devient double.

En ce qui regarde la division en deux, il semble qu'il y a une période à peu près de 7 jours, car le 24 août on voit des traces de duplicité, le 4 septembre elle est distinctement double, de même le 30 septembre ($30 - 4 = 26 = 6.5$), le 7, 19, et 26 octobre. Outre cela, c'est presque certain qu'elle devient double vers les époques des maximums de l'éclat. Nous avons encore trop peu des spectrogrammes avec la raie artificielle du Na, et à cause de cela nous ne pouvons pas donner les changements de la longueur d'onde de la raie D_3 . Il résulte la longueur d'onde moyenne

587 $\mu\mu$.95 pour la plus vive.

587 .16 pour la seconde.

En ce qui regarde sa disparition, je ne puis encore décider s'il y a une période régulière. D'une côté la raie est très faible sur les spectrogrammes du 18, 19, 22, 23, 24, 25 et 27 septembre; mais ces spectrogrammes eux-mêmes sont faibles.

D'autre côté la raie est vive le 24, 25 août et le 30 septembre et manque tout à fait sur le spectrogramme assez bon du 25 novembre, d'où on pourrait peut-être faire quelque coniecture vague sur une périodicité. Par exemple, l'intervalle 24 août — 30 septembre = $6,5 \times 6 - 1.3$. Alors la raie devait être visible le 1^{er}-2 septembre, le 7-9, le 13-15, le 19-21, le 26-28 septembre; le 3-5, le 10-12, le 17-19, le 23-25 octobre. En effet, elle est présente sur les spectrogrammes du 24-25 août, 4, 8, 30 septembre, 7, 11, 19, 26 octobre, quoique l'éclat est différent.

Le fait qu'elle est absente le 25 novembre contredit à la supposition que la raie devient vive vers les moments de maximums de l'éclat de l'étoile.

Le groupe 448 $\mu\mu$ — 447 $\mu\mu$.

Ce groupe est très compliqué. Il semble que la raie 447 $\mu\mu$. 14 présente les mêmes changements comme l'ensemble des raies F , c'est-à-dire qu'elle consiste d'une raie brillante et d'une raie sombre; ces deux raies changent leur position relative comme les composantes de la raie F .

La raie 448 $\mu\mu$ change de largeur; dans son voisinage on voit de temps en temps

plusieurs raies sombres, très étroites; il est difficile de trouver la période des variations de cette raie.

Il reste encore à ajouter quelques mots sur les raies $492\mu\mu$ et de $471\mu\mu$.

Elles sont bien développées toutes les deux le 22 et le 11 octobre. Puis, le 30 septembre, le 2 et le 26 octobre la raie $492\mu\mu$ est présente, tandis que la raie $471\mu\mu$ est absente. C'est, au contraire, le 25 novembre que la raie $471\mu\mu$ est faible et brillante, et la raie $492\mu\mu$ manque.

Il est encore plus difficile de trouver quelques régularités dans les changements de toutes les autres raies, qui sont pour la plus part très faibles. Mais il est certain que ces changements sont réels.

La comparaison du spectre de β Lyrae avec les spectres des éléments ne conduit à aucun résultat positif; c'est l'hydrogène seul, dont la présence peut être mise hors de doute. La raie de l'Helium et celles de l'hydrogène rappellent la constitution de la chromosphère du soleil; cependant beaucoup de raies vives de la chromosphère du catalogue de M. Young sont absentes dans le spectre de l'étoile et vice-versa. Une plus grande ressemblance se trouve entre le spectre de l'étoile et quelques éruptions solaires.

En introduisant les corrections mentionnées plus haut dans les mesures, nous avons trouvé les longueurs d'ondes suivantes. Il faut faire attention que les changements de longueur d'onde des raies propre à l'étoile diminuent la précision des résultats.

β Lyrae.

1	$587\mu\mu.95$	} D_3 , brillantes.
2	$587 .16$	
3	$580 .08$	Sombre, assez étroite.
4	$577 .19$	Sombre, assez étroite.
5	$572 .58$	Sombre, faible.
6	$567 .60$	Sombre, large, le bord du côté rouge brillant.
7	$566 .12$	Sombre, assez large, le bord du côté rouge brillant.
8	$564 .34$	Sombre, étroite.
9	$563 .64$	Sombre, assez étroite.
10	$560 .20$?
11	$545 .13$	Sombre, très étroite.
12	$512 .99$	Sombre, très large.
13	$535 .91$	—
14	$532 .97$	} Deux raies sombres, très étroites.
15	$532 .68$	
16	$531 .35$	Sombre, faible.
17	$527 .64$	Sombre, large.
18	$526 .46$	Sombre, large, à peine visible.
19	$526 .17$	Sombre, étroite, faible.
20	$517 .17$	Sombre, large, quelque fois double; $517\mu\mu.12$ et $517\mu\mu.38$. Variable.
21	$516 .76$	Sombre, assez large.

22	<u>515^μ.57</u>	Sombre, faible.
23	<u>512 .55</u>	Sombre, assez large.
24	<u>506 .30</u>	Sombre, à peine visible.
25	<u>505 .92</u>	Sombre, faible dans une bande brillante.
26	<u>505 .51</u>	Comme la précédente.
27	<u>505 .21</u>	De même.
28	<u>501 .41</u>	Sombre, forte; les bords brillants vifs.
29	<u>496 .50</u>	Sombre, très étroite.
30	<u>496 .18</u>	Sombre, très étroite.
31	<u>495 .53</u>	?
32	<u>494 .02</u>	Sombre, très étroite.
33	<u>493 .21</u>	Brillante, très large.
34	<u>492 .62</u>	} Les bords d'une raie sombre très large.
35	<u>492 .10</u>	
36	<u>491 .86</u>	Brillante.
37	<u>F</u>	Sombre, avec les bords brillants.
38	<u>473 .69</u>	Sombre, large, diffuse.
39	<u>472 .28</u>	Le bord d'une raie très large et diffuse.
40	<u>471 .61</u>	} Les bords d'une raie sombre, large; des deux côtés les bords brillants. Quelque fois double.
41	<u>471 .26</u>	
42	<u>471 .03</u>	Le bord brillant de la raie suivante.
43	<u>470 .72</u>	Sombre; les bords brillants.
44	<u>465 .18</u>	Sombre faible.
45	<u>464 .17</u>	Sombre, très faible.
46	<u>463 .82</u>	Sombre, étroite, faible.
47	<u>463 .48</u>	} Les bords brillants de la raie suivante.
48	<u>462 .64</u>	
49	<u>463 .06</u>	Sombre, très large, faible; les bords brillants.
50	<u>458 .68</u>	Sombre, bien terminée.
51	<u>458 .16</u>	Sombre, bien terminée.
52	<u>457 .78</u>	Sombre, faible, diffuse.
53	<u>457 .49</u>	Sombre, faible.
54	<u>456 .80</u>	Sombre, large, très faible.
55	<u>456 .03</u>	Sombre, à peine visible.
56	<u>455 .24</u>	Sombre, faible, assez large.
57	<u>454 .79</u>	Sombre, assez large.
58	<u>454 .44</u>	Sombre, faible.
59	<u>453 .65</u>	Sombre, très étroite.
60	<u>452 .57</u>	Sombre, étroite

61	452 ^μ .03	Sombre, faible.
62	451 .87	Sombre, très faible.
63	451 .40	Sombre, très faible.
64	451 .19	Sombre, très faible.
65	451 .05	Sombre, très faible.
66	450 .64	Sombre, étroite.
67	449 .45	Sombre, à peine visible.
68	448 .42	Sombre, large; peut-être plusieurs raies dans une raie brillante.
69	448 .10	Sombre, appartient au groupe précédent.
70	447 .85	Sombre, distincte.
71	447 .49	Brillante, large.
72	447 .16	Sombre, bien terminée, les bords brillants.
73	444 .64	Sombre, très étroite, à peine visible.
74	443 .60	Sombre, très étroite, à peine visible.
75	441 .93	Sombre, très étroite.
76	H _γ	Sombre.

Les longueurs d'onde marquées appartiennent aux raies, que l'on voit sur plusieurs spectrogrammes.

Sur quelques spectrogrammes on voit la raie sombre D_{1-2} , mais à cause de la faiblesse du spectre dans cette région je ne pouvais pas faire les pointages.

N.B. Les longueurs d'onde données dans les As. Noch N.° 3129 n'étaient que provisoires, et basées sur un nombre relativement petit de mesures.