

Étude quantitative de spectrogrammes de la Nova Lacertae 1936

Autor(en): **Rossier, Paul**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Archives des sciences physiques et naturelles**

Band (Jahr): **23 (1941)**

PDF erstellt am: **12.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-741151>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

ÉTUDE QUANTITATIVE DE SPECTROGRAMMES
DE LA
NOVA LACERTAE 1936

PAR

Paul ROSSIER

RÉSUMÉ.

Le rayonnement de cette étoile comporte un spectre continu auquel se superpose un spectre d'émission. Sur un microphotogramme, on peut mesurer par planimétrie l'intensité du spectre continu et celle de chaque raie d'émission. On tire de là l'importance relative de ces divers rayonnements.

Décomposant le microphotogramme en bandes d'égale largeur, on en déduit la répartition de l'énergie dans le spectre. Cette répartition et surtout la longueur d'onde effective indiquent un échauffement rapide de l'étoile immédiatement après son apparition.

Le rapport de la sensibilité spectrale de l'œil à celle de la plaque étant connu, on peut étudier la répartition de l'énergie dans le spectre visible.

1. — Une étude antérieure a été consacrée à cette étoile nouvelle, étude basée sur les photographies obtenues au prisme-objectif de Schaer-Boulanger de l'Observatoire de Genève¹. Ce travail comporte une discussion qualitative des spectrogrammes. Nous nous proposons d'en faire une critique quantitative, en adaptant les méthodes appliquées antérieurement à la Nova Herculis 1934-35².

¹ P. ROSSIER, Observations photographiques de la Nova Lacertae 1936. *Archives* (5), 19, 1937.

² P. ROSSIER, Essai sur la photométrie des étoiles à spectre de raies d'émission, application à la Nova Herculis 1934-35. *Archives*, (5).



2. — Pratiquement, nos spectrogrammes de la Nova Herculis ne comportent aucun spectre continu. Les choses sont plus compliquées pour la Nova Lacertae; l'étoile a été observée peu après son augmentation d'éclat. Les premiers spectrogrammes se composent essentiellement d'un spectre continu auquel s'ajoutent de faibles raies d'émission et d'absorption. Mais, avec le temps, l'étoile évolue: les raies d'émission prennent une importance de plus en plus grande, tandis que le spectre continu diminue d'intensité. Cette diminution est si marquée que, sur le dernier spectrogramme de la série, le spectre continu a pratiquement disparu.

Deux méthodes peuvent être appliquées aux recherches spectrophotométriques effectuées sur des clichés: mesures au comparateur de largeurs de raies, méthode rapide et analyse microphotogrammétrique, méthode plus lente, mais plus sûre et plus féconde. C'est cette dernière que, sauf exception, nous avons appliquée ici. Les microphotogrammes étudiés ont été obtenus au moyen du microphotomètre Weiglé de l'Institut de physique de l'Université de Genève.

Le tableau I donne la liste des clichés utilisés.

TABLEAU I.
Clichés utilisés.

Numéro B	Date 1936	Pose min.	Remarques
486	20 juin	15	Nombreux nuages. Deux poses sur la même plaque.
(487)	20 »	5	
489	23 »	20	Quelques cirrus. Pose approximative: 18 minutes sans nuages, puis nuages pom- melés.
490	24 »	21	
491	30 »	21	
492	5 juillet	20	
493	16 »	20	
(494)	16 »	10	
(495)	17 »	10	
499	23 »	20	
[501]	11 sept.	60	

La parenthèse et le crochet indiquent respectivement des durées de pose notablement inférieures ou supérieures à vingt minutes.

3. — Pour distinguer l'énergie rayonnée dans le spectre continu de celle correspondant aux raies d'émission, nous avons opéré comme suit. Sur chaque microphotogramme (sauf le dernier), nous avons tracé une courbe aussi continue que possible, passant par les pieds des crochets dus aux raies d'émission et une droite constituant la base du microphotogramme. Nous avons ensuite planimétré l'aire comprise entre ces deux lignes.

Le tracé de la courbe de délimitation du spectre continu présente évidemment un certain arbitraire: les aires obtenues, surtout celles relatives aux derniers spectrogrammes, sont moins précises que ne semblerait l'indiquer le nombre de chiffres significatifs conservés dans la suite.

Nous avons ensuite planimétré les aires relatives aux principales raies d'émission. Les mêmes remarques doivent être faites ici.

Le tableau II indique les diverses aires mesurées ainsi que leur total.

TABLEAU II.
Aire des microphotogrammes (cm²).

Cliché N°	486	(487)	489	490	491	492	493	(494)	(495)	499	[501]
Sp. continu	39,7	29,9	41,7	25,3	15,3	11,4	4,6	1,6	7,5	2,5	0
501 m μ	0,06	0,02	0,30	0,30	0,18	0,12	0,17	0,05	0,04	0,20	0,28
H β	0,10	0,06	1,53	1,34	0,68	0,56	0,60	0,32	0,21	0,74	0,12
464 m μ	0	0	1,03	1,30	0,47	0,62	0,84	0,80	0,20	1,40	0,44
H γ + 436 m μ	0,09	0,09	0,94	0,54	0,34	0,40	0,56	0,52	0,18	1,48	1,36
H δ	0,04	0,15	0,39	0,27	0,40	0,50	0,48	0,38	0,16	1,16	0,26
H ϵ	0,09	0,07	0,18	0,27	0,32	0,36	0,19	0,12	0,03	0,20	0,07
H ζ	0,07	0,09	0,11	0,10	0,06	0,10	0,16	0,03	0,02	0,12	—
Total raies	0,45	0,49	4,48	4,12	2,45	2,66	3,00	2,22	0,84	5,30	2,53
Aire totale	40,15	30,39	46,18	29,42	17,75	14,06	7,6	3,82	8,34	7,8	2,53

4. — Comparons les aires précédentes aux valeurs de l'éclat de l'étoile. Nous disposons pour cela des observations visuelles de L. Meyer ¹ et de nos propres mesures ². Nous ne tiendrons

¹ L. MEYER, Observations visuelles de la Nova Lacertae 1936. *C. R. Soc. de Phys. de Genève*, 53, III, 1936.

² P. ROSSIER, *loc. cit.*, § 2.

compte que des clichés exposés environ vingt minutes. Les résultats figurent sur le tableau III.

Les éclats photographiques des deux dernières colonnes sont des estimations, d'échelles arbitraires, basées sur des photographies directes. En gros, ces divers résultats sont cohérents.

TABLEAU III.

Résultats photométriques.

Date 1936	Cliché	Aire du micro- photogramme		Magnitude		Eclat photographique	
		Photo- gra- phique cm ²	Vi- suelle mm ²	Photo- gra- phique	Vi- suelle		
20 juin	486	40,2	534	—	—	} 1,89	1,52
	(487)	30,4	358	—	—		
23 »	489	46,2	334	—	3,6	1,88	1,44
24 »	490	29,4	156	—	3,8	1,80	1,44
30 »	491	17,8	67	—	5,4	1,33	1,07
5 juillet	492	14,1	52	5,5	6,0	1,07	0,85
16 »	493	7,6	16	6,2	6,2	0,95	0,77
17 »	(495)	8,3	22	6,4	—	0,87	0,70
23 »	499	7,8	19	6,3	6,5	0,89	0,75

Nous verrons plus bas comment ont été obtenues les valeurs de la colonne intitulée « Aire visuelle ».

En gros, ces divers résultats sont cohérents. La diminution d'éclat de la nova a été très rapide, peu après son maximum; elle s'est ralentie plus tard. Les observations photographiques citées sur le tableau III laissent supposer l'existence d'un minimum d'éclat le 17 juin. Les mesures du spectrogramme de ce jour ne la confirment pas.

5. — Comparons l'importance du spectre de raies à celle du spectre continu. Pour cela, calculons le rapport des aires partielles du tableau II à l'aire totale de chaque microphotogramme, en distinguant le rôle des divers éléments et raies. Le tableau IV donne les résultats, exprimés en %.

Une difficulté se présente pour la raie H_γ; elle n'est jamais distincte de la raie 436 mμ des novae. Dans ces conditions, les

valeurs relatives à l'hydrogène sont exagérées. Signalons enfin que les deux raies vertes de l'oxygène ionisé sont confondues.

Le cliché (495), du 17 juillet, donne des résultats très discordants. Nous avons remarqué plus haut que les mesures photométriques effectuées sur nos photographies directes montrent un minimum d'éclat: ce minimum ne semble pas

TABLEAU IV.

Importance relative du rayonnement photographique (%).

Cliché	486	[487]	489	490	491	492	493	[494]	[495]	499	(501)
Sp. continu	98,9	98,4	90,3	86,0	86,2	80,1	60,5	41,8	92,8	32,0	0
501 m μ	0,15	0,10	0,65	1,0	1,0	0,85	2,2	1,3	0,48	2,6	11,1
H β	0,25	0,20	3,3	4,6	3,8	4,0	7,9	8,4	2,5	9,5	4,8
464 m μ	—	—	2,2	4,4	2,7	4,4	11,0	20,9	2,4	18,0	17,4
H γ + 436 m μ	0,22	0,30	2,0	1,8	1,9	2,8	7,4	13,6	2,2	19,0	53,8
H δ	0,10	0,49	0,85	0,92	2,2	3,5	6,3	10,0	1,9	14,9	10,3
H ϵ	0,22	0,23	0,39	0,92	1,8	2,6	2,5	3,2	0,36	2,6	2,8
H ζ	0,17	0,30	0,24	0,34	0,34	0,71	2,1	0,79	0,24	1,5	—
Raies	1,12	1,61	9,7	14,0	13,8	18,9	39,5	58,2	10,1	68,0	100
H + 436 m μ	0,96	1,51	6,8	8,6	10,0	13,6	26,2	36,0	7,2	47,5	71,7

confirmé par d'autres observateurs. Il est donc possible que nos plaques de ce jour-là aient été maltraitées ou que peut-être la nova ait subi au moment de nos poses une modification dont la cause nous échappe.

Cette anomalie mise à part, le tableau IV montre bien le caractère de l'évolution du spectre de l'étoile. Au commencement de la série d'observations, les raies d'émission représentent environ le 1% de la puissance photographique rayonnée; trois mois après, le spectre continu a disparu, même sur la pose prolongée de septembre. Cet accroissement d'importance relative du spectre de raies d'émission est grossièrement proportionnel au temps, soit de l'ordre de 1 à 2% par jour. Cela semblerait indiquer, d'après ce que l'on sait de l'époque d'apparition de la nova, que le spectre de raies d'émission a commencé à se développer en même temps que l'éclat de la nova commençait à croître, soit vers les 18 ou 19 juin.

6. — Pour examiner le comportement des diverses raies, il est commode de rapporter leur importance relative à leur

ensemble, plutôt qu'à l'énergie apparente photographique totale. Le tableau V donne l'importance relative de chaque raie et celle de l'hydrogène, perturbé par la raie 436 m μ .

TABLEAU V.

Importance relative des diverses raies (%).

Cliché	486	(487)	489	490	491	492	493	(494)	(495)	499	[501]	Moy.
501 m μ	13	6	7	7	7	5	6	2	5	4	11	7
H β	22	12	34	33	28	21	20	14	25	14	5	21
464	0	0	23	32	19	23	28	36	24	26	17	21
(H γ + 436 m μ)	20	18	21	12	14	15	19	23	21	28	54	22
H δ	9	31	9	7	16	19	16	17	19	22	10	16
H ϵ	20	14	4	7	13	14	6	5	4	4	3	8
H ζ	15	18	2	2	2	4	5	1	2	2	0	5
H + 436 m μ	86	93	70	61	73	73	66	60	71	70	72	62
H β + H δ + H ϵ + H ζ	66	75	49	49	59	58	47	47	50	42	18	40

A première vue, l'importance relative de l'hydrogène semble diminuer au commencement de la série. Cette diminution d'importance relative n'est peut-être pas réelle; la raie 464 m μ n'apparaît pas sur les deux premiers clichés (du 20 juin), mais bien sur les suivants. Dès lors, l'hydrogène occupe une proportion du rayonnement photographique de raies variant de 60 à 73%, donc pratiquement constante.

La raie H γ + 436 m μ est complexe; son importance croît avec le temps. Cette augmentation semble essentiellement due à la raie 436 m μ , car l'importance relative des quatre raies de l'hydrogène autres que H γ , indiquée sur la dernière ligne du tableau V, ne manifeste pas de comportement systématique, mais bien plus des accidents d'autant plus considérables que les aires qui sont à la base de ces calculs sont moindres, donc moins bien déterminées.

Dans l'ensemble, l'oxygène ionisé paraît subir une diminution d'importance; il reprend toute son activité sur le dernier spectrogramme. Mais les observations ont subi une interruption prolongée entre les deux derniers clichés; pendant cette période l'éclat de l'étoile a beaucoup baissé; il n'y a donc pas lieu d'assimiler le dernier spectrogramme aux précédents.

La raie 464 $m\mu$, invisible sur les premiers spectrogrammes, a subi une augmentation d'éclat rapide et considérable entre le 20 et le 23 juin. Dès lors, elle joue un rôle important mais quelque peu variable.

7. — La courbe de sensibilité des plaques Cappelli-blu utilisées ici est connue ¹. En principe, d'un microphotogramme et, de cette courbe, on peut déduire un « microbogramme », c'est-à-dire la courbe de répartition de l'énergie vraie dans le spectre. Pratiquement, au moins dans le cas actuel, les résultats sont illusoire; le spectre de la nova s'étend assez loin, dans l'ultra-violet surtout; il déborde du domaine où la sensibilité est bien connue. Aux extrémités du spectre, les aires partielles du « microbogramme » sont obtenues en divisant une aire notable, mesurée sur le microphotogramme, par une sensibilité très petite et connue avec une erreur relative considérable. Finalement, le rôle de cette incertitude de la sensibilité est prépondérant. Dans l'état actuel fragmentaire de nos connaissances de la sensibilité des plaques, l'étude du rayonnement bolométrique déduit de nos plaques nous paraît illusoire, au moins dans le cas particulier examiné ici.

8. — L'inconvénient signalé ci-dessus est beaucoup réduit si l'on se propose d'étudier le rayonnement visuel, déduit du microphotogramme. En effet, l'œil étant aveugle pour l'ultra-violet, toutes difficultés disparaissent dans ce domaine. Subsistent seules celles correspondant au spectre visible. Pratiquement, elles sont peu importantes, car le spectre est relativement court du côté du rouge.

Pratiquement, nous avons opéré comme suit. Sur les microphotogrammes, dix fois plus longs que les spectres, nous avons marqué des points distants de un centimètre l'un de l'autre, correspondant aux longueurs d'onde indiquées sur le tableau VI;

¹ G. ABETTI, Determinazioni di indice di colore di stelle doppie. *Osservazioni e memorie del R. Osservatorio di Arcetri-Firenze*, fasc. 40, p. 12, cité dans P. ROSSIER, Sur la sensibilité spectrale des plaques photographiques. *C. R. Soc. de Phys. de Genève*, 48, III, 1931 et *Publ. Obs. Genève*, fasc. 17.

puis nous avons mesuré l'ordonnée de la courbe correspondant au spectre continu et calculé l'aire de la portion correspondante du microphotogramme. Le tableau VI donne l'essentiel de ces résultats. Multipliant chacune des aires partielles par le rapport de la sensibilité de l'œil à celle de la plaque, nous avons obtenu ce que nous appelons l'aire réduite visuelle du microphotogramme, dont le tableau VIII donne le détail.

TABLEAU VI.

*Répartition de l'énergie dans les microphotogrammes (spectre continu).
Aires photographiques (mm²).*

λ m μ	486	(487)	489	490	491	492	493	(494)	(495)	499
530	10	10	5	—	—	—	—	—	—	—
510	130	65	70	35	10	10	—	—	—	5
492	315	180	195	115	50	35	10	—	—	10
476	405	275	325	200	105	70	35	—	45	15
462	420	305	430	260	145	105	55	10	90	25
449	405	300	430	285	165	125	60	20	115	40
437	380	275	370	275	170	125	60	20	115	50
427	350	245	330	240	160	115	55	20	105	40
417	315	215	295	210	145	105	45	20	85	30
408	295	190	275	185	120	95	40	20	65	25
400	280	180	280	185	110	90	40	20	50	20
393	260	185	285	195	105	85	35	15	25	15
386	225	185	270	165	85	70	20	5	5	5
379	175	160	245	120	65	55	5	—	—	—
373	115	105	190	75	45	35	—	—	—	—
367	45	50	105	25	20	10	—	—	—	—
362	5	15	40	—	5	—	—	—	—	—
357	—	—	10	—	—	—	—	—	—	—
Total cm ²	41,3	29,4	41,45	25,7	15,05	11,3	4,6	1,5	7,0	2,8
Aire planimétrée	39,7	29,9	41,7	25,3	15,3	11,4	4,6	1,6	7,5	2,5

Sur le tableau VI, chaque aire partielle est donnée à 5 mm² près; chaque spectre comporte une douzaine de trapèzes; l'aire totale est donc connue à quelque 0,2 cm² près, si la précision de 5 mm² est réellement atteinte. Cela ne semble pas être le cas, car les différences entre les aires totales, déterminées au planimètre et celles résultant de la méthode des trapèzes sont généralement supérieures à 0,2 cm². *A posteriori*, l'erreur de chaque trapèze doit être de l'ordre de 10 mm².

9. — Le tableau VI montre bien le caractère suivant des spectrogrammes: les premiers d'entre eux ne comportent qu'un unique maximum d'énergie; les suivants en ont deux. Les derniers sont trop faibles pour permettre des mesures sûres. Le tableau VII donne les longueurs d'onde approximative de ces maxima, lues directement sur les microphotogrammes.

TABLEAU VII.

Longueurs d'onde des maxima du spectre continu photographique.

Cliché	Maximum	
	Principal	Secondaire
486	465 m μ	—
(487)	460	—
489	455	395 m μ
490	445	395
491	440	—
492	445	—
493	445	—
(495)	445	—

Cette longueur d'onde effective photographique décroît lorsque l'étoile avance dans son évolution. On en conclut un échauffement de l'étoile. Nous avons montré ailleurs¹ la relation suivante entre l'équivalent colorimétrique b/T , l'acuité a de la courbe de sensibilité du récepteur considéré et la longueur d'onde effective.

$$d\left(\frac{b}{T}\right) = (a + 5) d\lambda_a . \quad (b = 1,432 \text{ cm} \times \text{degré}).$$

Dans le cas particulier, nous avons une acuité de l'ordre de 200; la variation de la longueur d'onde effective apparente est voisine de 20 m μ , soit $0,2 \times 10^{-5}$ cm. Cela conduit à une valeur de 4×10^{-4} cm pour la variation de l'équivalent colorimétrique, variation du même ordre de grandeur que l'équivalent lui-même. Si la valeur admise pour l'acuité est correcte,

¹ P. ROSSIER, Relation entre les variations de la température et de la longueur d'onde effective apparente d'un radiateur intégral. *C. R. Soc. de Phys. Genève*, 58, II, 1941.

cela correspond à un échauffement tel que la température aurait doublé entre le 20 et le 30 juin. Depuis elle semble avoir peu varié.

10. — Examinons maintenant les valeurs photo-visuelles de la répartition de l'énergie, telles qu'elles figurent sur le tableau VIII. Ce sont les totaux que nous avons portés sur le tableau III, sous le titre « aire visuelle ». Nous ne reviendrons pas sur la discussion photométrique faite plus haut.

TABLEAU VIII.

*Répartition de l'énergie dans le spectre photo-visuel
(spectre continu, aires réduites en mm²).*

λ m μ	$\frac{\sigma_v}{\sigma_p}$	486	(487)	489	490	491	492	493	(495)	499
530	12,3	123	123	61	—	—	—	—	—	—
510	1,52	198	99	106	53	15	15	—	—	8
492	0,325	102	58	64	37	16	11	3	—	3
476	0,118	48	32	38	24	12	8	4	5	2
462	0,065	27	20	28	17	9	7	4	6	2
449	0,0402	16	12	17	11	7	5	2	5	2
437	0,0253	9	7	9	7	4	3	2	3	1
427	0,0174	6	4	6	4	3	2	1	2	1
417	0,0094	3	2	3	2	1	1	—	1	—
408	0,0040	1	1	1	1	—	—	—	—	—
400	0,0022	1	—	1	—	—	—	—	—	—
	Total	534	358	334	156	67	52	16	22	19

Les valeurs du tableau VIII ne permettent pas une détermination tant soit peu précise de la longueur d'onde effective visuelle. Sa valeur serait de l'ordre de 510 m μ , ce qui correspond à une température très élevée. Il n'y a pas lieu d'attribuer un poids bien considérable à cette indication, car ces longueurs d'onde sont trop voisines de l'extrémité du spectre pour que la précision soit satisfaisante. D'autre part, les valeurs du tableau VIII ne mettent pas en évidence de variation de la longueur d'onde effective visuelle avec le temps. Cela montre leur incertitude.

11. — Comparons les aires visuelles et photographiques des tableaux VI et VIII; calculons leur rapport et le produit des logarithmes vulgaires de ces rapports par 2,5. Ces produits donnent dans une échelle d'origine inconnue la variation de l'index photo-visuel (tableau IX). Ces valeurs, comme celles

TABLEAU IX.

Comparaison des rayonnements photo-visuel et photographie.

Cliché	Rapport	Index
486	0,129	— 2,23
(487)	0,122	— 2,28
489	0,081	— 2,73
490	0,061	— 3,07
491	0,045	— 3,37
492	0,046	— 3,33
493	0,035	— 3,63
(495)	0,031	— 3,77
499	0,068	— 2,93

des rapports, montrent un accroissement rapide de la température au commencement de la série d'observation, puis plus lent dans la suite. Ces résultats sont probablement plus sûrs que ceux donnés par l'étude de la longueur d'onde effective.

L'anomalie présentée par la dernière ligne du tableau peut fort bien ne pas être réelle: ces valeurs sont basées sur des aires très petites et relativement peu sûres.

12. — Comparons maintenant les rayonnements photographique, bolométrique et visuel des diverses raies, comme nous l'avons fait précédemment sur la Nova Herculis¹. Les méthodes ne sont pas entièrement identiques dans les deux cas. Pour la Nova Herculis, nous avons utilisé une combinaison de mesures de largeurs de raies effectuées directement sur les clichés, à la machine à mesurer et d'ordonnées prises sur les microphotogrammes. Ici, nous disposons en outre d'aires planimétrées sur les microphotogrammes. En outre, les deux

¹ *Loc. cit.*

raies H_γ et $436 m\mu$, confondues ici, sont distinctes dans le cas de la Nova Herculis.

Comparons tout d'abord les résultats obtenus par les deux procédés. Une première remarque s'impose: les mesures de largeurs n'ont pu être effectuées que sur un nombre de raies et de spectrogrammes inférieur au nombre des mesures spectroplanimétriques, 44 contre 62. La méthode du planimètre

TABLEAU X a.

Largeurs des raies sur les spectrogrammes (mm).

Raie \ Cliché	Cliché								
	489	490	491	492	493	(494)	(495)	499	[501]
501 $m\mu$	0,45	0,33	0,29	—	0,29	0,37	0,06	0,37	0,32
H_β	—	0,23	0,38	0,33	0,33	0,33	0,28	0,36	0,25
464 $m\mu$	—	—	—	0,58	—	0,85	—	0,57	0,39
$H_\gamma + 436 m\mu$	0,80	—	0,62	0,49	0,72	0,60	0,44	0,71	0,65
H_δ	—	—	0,80	0,77	1,15	0,80	0,51	0,79	0,47
H_ϵ	—	—	0,81	0,80	0,65	0,62	0,32	0,57	0,51
H_ζ	—	—	—	—	0,56	—	—	0,56	—

TABLEAU X b.

Ordonnées des maxima d'émission sur les microphotogrammes (mm).

Raie \ Cliché	Cliché								
	489	490	491	492	493	(494)	(495)	499	[501]
501 $m\mu$	13	11	5	3	4	2	3	5	9
H_β	28	25	18	16	15	14	8	24	5
464 $m\mu$	4	10	8	13	12	11	4	27	8
$H_\gamma + 436 m\mu$	12	11	8	8	12	13	4	31	24
H_δ	10	7	8	9	8	8	3	19	6
H_ϵ	6	5	5	7	6	3	3	8	2
H_ζ	5	3	3	3	5	2	2	4	—

donne donc des résultats beaucoup plus complets. Les tableaux X fournissent les données et les résultats principaux. Les aires « calculées » ont été obtenues simplement par multiplication des valeurs correspondantes des tableaux X a et X b,

TABLEAU X c.

Aires microphotogrammétriques calculées (c) et planimétrées (p)
des raies d'émission (mm²).

Cliché Raie	489		490		491		492		493		(494)		(495)		499		[501]	
	c	p	c	p	c	p	c	p	c	p	c	p	c	p	c	p	c	p
501 mμ	59	30	36	30	14	18	—	12	12	17	7	5	5	4	19	20	28	28
H _β	—	153	59	134	67	68	56	56	50	60	47	32	20	21	85	74	13	12
464 mμ	—	103	—	130	—	47	75	62	—	84	—	80	—	20	154	140	31	44
H _γ + 436 mμ	96	94	—	54	49	34	39	40	87	56	78	52	18	18	219	148	157	136
H _δ	—	39	—	27	64	40	69	50	92	48	64	38	15	16	47	116	18	26
H _ε	—	18	—	27	40	32	56	36	39	19	19	12	10	3	46	20	10	7
H _ζ	—	11	—	10	—	6	—	10	28	16	—	3	—	2	22	12	—	—
Total	155	448	95	412	234	245	291	266	348	300	215	222	68	64	592	530	259	253

et amplifiées dix fois, pour tenir compte de l'agrandissement des microphotogrammes.

Il y a tout lieu de supposer que les valeurs planimétrées sont plus correctes et peut-être plus précises que celles obtenues par une combinaison hétérogène de deux séries de mesures. Pour élucider cette question, calculons l'importance relative des diverses raies, comme nous l'avons fait plus haut (tableau IV) et cela pour les deux séries de résultats. Eliminons les premiers clichés, pour lesquels le nombre de données est par trop différent. Les tableaux XI a et XI b fournissent les résultats du

TABLEAU XI a.

Importance relative (%) des raies d'après les aires calculées (c) et planimétrées (p).

Cliché Raie	491		492		493		(494)		(495)		499		[501]		Moy.	
	c	p	c	p	c	p	c	p	c	p	c	p	c	p	c	p
501 mμ	6	7	—	5	4	6	3	2	7	5	3	4	11	11	5	5
H _β	29	28	18	21	16	20	22	14	29	25	14	14	5	5	18	20
464 mμ	—	19	26	33	—	28	—	36	—	24	26	26	12	17	26	26
H _γ + 436 mμ	21	14	13	15	28	19	36	23	26	21	37	28	61	54	27	20
H _δ	27	16	24	19	30	16	30	17	22	19	8	22	7	10	23	18
H _ε	17	13	19	14	13	6	9	5	15	4	8	4	4	3	14	8
H _ζ	—	2	—	4	9	5	—	1	—	2	4	2	—	0	—	3

TABLEAU XI b.
Valeurs absolues des écarts et moyennes de ces valeurs.

Raie \ Cliché	491		492		493		(494)		(495)		499		Moy.	
	c	p	c	p	c	p	c	p	c	p	c	p	c	p
501 m μ	1	2	—	2	2	3	2	3	2	0	2	1	2	2
H β	11	8	0	1	2	0	4	6	11	5	4	6	5	4
H γ + 436 m μ	6	6	14	5	1	1	9	3	1	1	10	8	7	4
H δ	4	2	1	1	7	2	7	1	1	1	15	4	6	2
H ϵ	3	5	5	6	1	2	5	3	1	4	6	4	3	4
Moyenne	5	5	5	3	2	1	5	4	5	2	7	5	5	3

calcul. Calculons encore les moyennes sur les clichés de 491 à 499 et les écarts sur la moyenne (tableau XI b). Les écarts sont égaux (à 1% près) dans douze cas. La méthode planimétrique fournit quatre écarts supérieurs et treize inférieurs à ceux du procédé des largeurs; les écarts moyens sont respectivement 3% et 5%. L'avantage de la méthode planimétrique est donc certain, sans être énorme du point de vue de l'exactitude; mais son application est beaucoup plus longue.

12. — Proposons-nous enfin d'examiner le rayonnement des diverses raies, tant du point de vue bolométrique que relativement à l'œil. Pour cela, divisons les nombres du tableau II par la sensibilité de la plaque; nous obtenons ainsi les nombres du tableau XII, qui donne, pour chaque cliché et chaque raie principale, l'aire qu'aurait donné un microphotogramme obtenu sur une plaque de sensibilité indépendante de la longueur d'onde.

TABLEAU XII.
Aire bolométrique des raies (cm²).

Raie	σ_p	486	(487)	489	490	491	492	493	(494)	(495)	499	[510]
501 m μ	0,52	0,29	0,19	1,3	1,9	1,9	1,6	4,2	2,5	0,9	5,2	21,4
H β	0,78	0,32	0,26	4,2	5,9	4,9	5,1	10,2	10,8	3,2	12,2	6,1
464 m μ	0,98	—	—	2,2	4,5	2,8	4,5	11,2	21,4	2,5	18,4	17,8
H γ + 436 m μ	0,75	0,29	0,40	2,7	2,4	2,5	3,7	9,9	18,2	2,9	25,3	71,8
H δ	0,27	0,37	1,8	3,2	3,4	8,1	13,0	23,3	37,0	7,0	55,1	38,3
H ϵ	0,15	1,56	1,5	2,6	6,1	12,0	17,3	17,7	21,3	2,4	17,3	18,7
H ζ	0,07	2,43	4,3	3,4	4,9	4,9	10,2	30,1	11,3	3,4	21,5	—
Total	—	5,2	8,5	19,6	29,1	37,1	55,4	106,6	122,5	22,4	155,0	174,1

Les nombres du tableau XII, multipliés par la sensibilité de l'œil pour chacune des raies, donnent ceux du tableau XIII, proportionnels à ceux qu'aurait donné la discussion faite plus haut si la courbe de sensibilité de la plaque était proportionnelle à celle de l'œil.

TABLEAU XIII.

Aire visuelle des raies (mm²).

Raie	σ_v	486	(487)	489	490	491	492	493	(494)	(495)	499	[501]
501 m μ	0,33	9,3	6,2	40	62	62	53	131	81	30	162	690
H β	0,19	6,1	4,9	81	112	93	98	193	205	61	232	117
464 m μ	0,072	—	—	16	32	20	32	81	153	18	132	128
H γ + 436 m μ	0,017	0,5	0,7	5	4	4	6	17	31	5	43	121
H δ	0,0012	0,0	0,2	0,4	0,4	1	1,6	2,8	4,4	0,8	6,6	4,6
Total	—	15,9	12,0	142	210	180	191	425	474	115	576	1057

L'accroissement de puissance des raies déjà signalé plus haut apparaît encore ici. La discussion quantitative des résultats de chaque raie n'a guère de signification; les inégalités inévitables de traitement des diverses plaques s'y opposent. Calculons l'importance relative des diverses raies sur chaque cliché. Les résultats figurent sur les tableaux XIV et XV; ils sont à rapprocher de ceux du tableau V.

TABLEAU XIV.

Importance relative des raies (%), échelle bolométrique.

Raie \ Cliché	486	(487)	489	490	491	492	493	(494)	(495)	499	[501]	Moy.
	501 m μ	6	2	6	7	5	3	4	2	4	3	
H β	6	3	22	20	13	9	10	9	14	8	4	11
464 m μ	—	—	11	15	8	8	11	17	11	12	10	12
H γ + 436 m μ	6	5	14	8	7	7	9	15	13	16	41	13
H δ	7	21	16	12	22	23	22	30	31	36	22	22
H ϵ	28	18	13	21	32	31	17	17	11	11	11	19
H ζ	47	51	18	17	13	18	28	9	15	14	—	23
H + 436 m μ	94	98	87	78	87	88	84	80	84	85	78	85

TABLEAU XV.
Importance relative des raies (%), échelle visuelle.

Cliché Raie	486	(487)	489	490	491	492	493	(494)	(495)	499	[501]	Moy.
501 m μ	59	52	28	29	34	28	31	17	26	28	65	36
H β	38	41	57	53	52	51	45	43	53	40	11	44
464 m μ	—	—	11	15	11	17	19	32	16	23	12	16
H γ + 436 m μ	3	6	4	2	2	3	4	7	4	8	12	5
H δ	0	2	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1
Vert	97	93	85	82	86	79	76	60	79	68	76	80
Bleu	3	8	15	17	14	21	24	40	21	32	24	22
H + 436 m μ	41	49	61	55	55	55	50	51	58	49	23	42

Des nombres du tableau XIV, excluons ceux relatifs à la dernière plaque, de septembre.

La raie 464 m μ , d'importance nulle le 20 juin, subit dans le domaine bolométrique un accroissement brusque, passe par quelques variations et se stabilise. Si l'on fait abstraction des deux premières plaques, l'hydrogène est assez constant, tandis que l'oxygène ionisé semble diminuer d'importance. L'accroissement de la raie composite H γ + 436 m μ doit être essentiellement dû à cette dernière.

Faisons abstraction du dernier cliché du tableau XV. La comparaison des nombres qui y figurent avec ceux du tableau XIV est fort intéressante. Elle montre l'importance énorme des raies vertes dans le domaine visuel. La raie de l'oxygène ionisé et H β sont de beaucoup les plus fortes. Sauf une exception, elles occupent plus des deux tiers du rayonnement visuel des raies d'émission. Le comportement de l'hydrogène est dominé par H β . La teinte verte des novae, qui frappe si fréquemment les observateurs visuels, ne semble pas en réalité avoir une importance si grande; la comparaison des résultats bolométriques et visuels des deux derniers tableaux le montre bien. Il est bien entendu que ce sont les résultats bolométriques qui ont une signification physique simple; malheureusement, il est fort difficile de les obtenir avec une précision satisfaisante.

Nous concluons une fois de plus en insistant sur l'intérêt très vif qu'a l'étude précise de la sensibilité chromatique des récepteurs d'énergie rayonnante; elle est essentielle en astrophysique pratique.

Observatoire de Genève.