

Observations récentes du spectre de HD 108 (Of)

Y. Andrillat,

Laboratoire d'Astronomie de Montpellier, France

Ch. Fehrenbach

Observatoire de Haute Provence, France

P. Swings et J. M. Vreux

Institut d'Astrophysique de Liège, Belgique

Reçu le 30 Juillet, 1973

Recent Observations of the Spectrum of the Of-star HD 108

Summary. Spectrograms of HD 108 covering a wide spectral range (3200 Å–8000 Å) have been obtained in 1971 and 1972 at the Haute Provence Observatory. They are described in detail in the present paper and they are compared to previously published observations. New emission lines have been detected (3806 Å, 4415 Å, 4417 Å, 6340 Å) as well as new rapid intensity variations (He I: 4026.2 Å, 4387.9 Å; N III: $3s^4P^0-3p^4D$ and $4^2F^0-5^2G$; Si IV: $4s^2S-4p^2P^0$). The measured radial velocities are compatible with an expanding atmosphere which exhibit a marked acceleration toward the outer layers.

Key words: Of stars – stellar spectra – spectral variations – emission lines – radial velocities

Résumé. Des spectres de HD 108 couvrant un large domaine spectral (3200 Å–8000 Å) ont été obtenus en 1971 et 1972 à l'Observatoire de Haute Provence. Ils sont décrits en détail et comparés aux observations précédemment publiées. De nouvelles raies d'émission ont été détectées ainsi d'ailleurs que de nouvelles variations rapides d'intensité. Les mesures de vitesse radiale sont compatibles avec une atmosphère en expansion présentant une accélération marquée vers les couches extérieures.

Introduction

Les Observatoires de Haute Provence, de Liège et de Montpellier ont décidé, au début de 1971, un programme commun d'étude des étoiles Of. Les premières observations ont été effectuées dès la fin de cette même année. Depuis, les spectres d'un grand nombre d'objets ont pu être obtenus à l'Observatoire de Haute Provence.

Peu après le début de nos observations, Conti et Alschuler ont publié un travail basé sur une remarquable collection de spectres obtenus au télescope 120 pouces de l'Observatoire Lick avec une dispersion de 16 Å/mm et un élargissement de 0.8 mm (1971). Toutes les observations publiées jusqu'à présent ayant été réalisées sur des plaques IIaO chauffées, il nous a paru intéressant de maintenir notre programme d'observation, car celui-ci couvre un domaine de longueurs d'onde beaucoup plus grand (de 3150 à 8750 Å). Pour chacun des objets étudiés, nous envisageons de discuter les identi-

fications, de mesurer les vitesses radiales, de déterminer les largeurs équivalentes et d'analyser les profils des raies les plus intenses.

Ces dernières parties du programme nécessitent un équipement de mesure adéquat qui ne sera disponible qu'au cours du second semestre 1973.

Nous avons décidé de commencer notre étude des étoiles Of par un examen détaillé de HD 108. Son spectre se distingue de celui des étoiles Of «classiques» notamment par la présence de raies de H et He I ayant un profil de type P Cygni. L'aspect de ce spectre est, d'autre part, essentiellement variable: des différences importantes apparaissent lors de l'examen de clichés obtenus à plusieurs années d'intervalle. De plus, récemment, en étudiant la région spectrale $H_\beta-H_\gamma$ à l'aide d'un spectrographe équipé d'un tube image, Brucato (1971) a mis en évidence des variations moins

Tableau 1. Matériel d'observation

Télescope (cm)	Numéro du spectre	Dispersion (Å/mm)	Emulsion	Date	Pose	Domaine spectral étudié (Å)
120	E' 531	230	IN hyp.	8/12/71	2 ^h 15 ^m (sous exposé)	5800–8000
120	Mt U 400	67	103 aO	16/12/71	5 ^m	3150–5000
120	Mt V 810	67	103 aD	19/ 1/72	12 ^m	3950–5900
152	GB 1809	12.3	IIaO Ch	14/ 2/72	2 ^h 08 ^m (sous exposé)	3825–5000
193	W 5562	9.7	IIaO Ch	29/ 7/72	1 ^h 49 ^m	3700–5000
193	W 5563	9.7	103 aD	29/ 7/72	2 ^h 03 ^m	4000–6000
193	W 5564	9.7	IIaO Ch	30/ 7/72	3 ^h 05 ^m	3700–5000
193	W 5565	9.7	103 aD	30/ 7/72	1 ^h 55 ^m	4000–6000
193	W 5566	9.7	103 aD	31/ 7/72	2 ^h 55 ^m	4000–6000
152	GB 2086	12.3	IIaO Ch	23/ 8/72	1 ^h 49 ^m	3700–5000
152	GB 2249	12.3	IIaO Ch	18/12/72	3 ^h 25 ^m	3700–5000
152	GB 2261	12.3	IIaO Ch	21/12/72	6 ^h 50 ^m	3700–5000

importantes, mais très rapides de la largeur équivalente de certaines raies intenses (dans un laps de temps variant de 30 minutes à quelques jours).

Matériel d'observation

Nos observations de HD 108 ont été effectuées à l'Observatoire de Haute Provence au cours des années 1971–1972. Nous avons résumé dans le Tableau 1 les caractéristiques des instruments utilisés ainsi que les conditions d'obtention des divers clichés.

Description des spectres

H I

Pour l'étude de H_α, nous ne disposons que d'un spectre à faible dispersion (230 Å/mm) où la raie apparaît comme une émission sans composante d'absorption. Pour les autres raies de la série de Balmer, nous avons obtenu des spectres à plus grande dispersion (12 Å/mm et 10 Å/mm) au moyen des télescopes de 152 cm et de 193 cm de l'Observatoire de Haute Provence. De H_β jusqu'à H₁₀, les raies présentent un profil P Cygni caractéristique (type II de Beals, 1950): une émission très nette bordée d'une absorption intense vers les courtes longueurs d'onde et d'une absorption faible et diffuse vers les grandes longueurs d'onde. A partir de H₁₀, les raies sont juste décelables et il est difficile de définir leur caractère exact: elles apparaissent soit comme des absorptions larges et diffuses, soit comme des raies de type P Cygni. Notons enfin l'aspect très particulier de H₈ sur le spectre Mt U 400 (16/12/71): alors que sur tous les spectres à grande dispersion (séries W et GB), et sur celui moins dispersé (Mt V 810; 19/1/72), on observe le profil décrit ci-dessus, le cliché Mt U 400 semble présenter une absorption large et faible et tout se passe comme s'il existait une compensation partielle entre émission et absorption. Cette variation est probablement due en grande partie à He I

λ 3888,6 et non à H₈. En effet, aux environs de 3889 Å, nous observons une superposition de raies de H, He I et He II, éléments bien représentés dans le spectre de HD 108. La variation d'aspect que nous signalons résulte d'une modification soit dans l'intensité soit dans la vitesse radiale d'une des composantes. Cette triple superposition est d'autant plus gênante qu'elle empêche une détermination exacte du profil de He I λ 3888,6, détermination particulièrement importante en raison des résultats d'observation de He I λ 10830 par Kuhl (émission sans aucune composante d'absorption) (Kuhl, 1973).

He I

Certaines raies apparaissent sur tous nos spectres avec un profil P Cygni simple (type I de Beals, 1950) (5875,6 Å, 4471,5 Å, 4921,9 Å, 6678,1 Å, 7065,2 Å). Par contre, la raie située à 4026,2 Å (2³P⁰–5³D) montre un profil P Cygni sur les spectres W 5564 et GB 2249 alors qu'elle est observée en absorption sur les spectres W 5562, W 5563 et W 5566. Une variation semble également se produire à 4387,9 Å (2¹P⁰–5¹D): on observe une absorption sur le cliché W 5566 et un profil P Cygni sur W 5562, W 5563, W 5564 et GB 2261. Les autres raies de He I présentes (3819,6 Å, 4713,1 Å, 4120,8 Å, 4143,8 Å, 5047,4 Å, 4437,5 Å, 5015,7 Å) sont trop faibles pour qu'il soit possible de décider avec certitude de leur caractère.

He II

A l'exception de la raie située à 4685,7 Å qui apparaît toujours en émission, le spectre de He II est caractérisé par des absorptions situées à 5411,5 Å, 4541,6 Å, 4199,8 Å (mélangée avec N III), 4025,6 Å (mélangée avec He I), 3923,5 Å et sur certaines plaques, à 3858,1 Å. Les autres raies de la série de Pickering se superposent à l'aile violette de l'absorption P Cygni des raies correspondantes de l'hydrogène.

C III

Deux multiplets de C III sont observés en émission: $3^3S-3^3P^0$ (4647,42 Å; 4650,25 Å; 4651,47 Å) et $3^1P^0-3^1D$ (5695,92 Å). Les conditions physiques conduisant à l'apparition de ces multiplets en émission ont été étudiées récemment par Nussbaumer [15]. Deux autres multiplets, extrêmement faibles $4^3F^0-5^3G$ (4067,94 Å; 4068,91 Å; 4070,26 Å) et $4^1F^0-5^1G$ (4186,9 Å) sont présents en absorption sur quelques spectres seulement. Notons cependant qu'ils sont pratiquement indiscernables sur le GB 2261 bien qu'ils soient présents sur GB 2249 pourtant moins posé.

C IV

Sur le cliché le mieux posé dans la région de 5800 Å, deux raies de C IV apparaissent clairement en absorption à 5801,33 Å et 5811,98 Å ($3^2S-3^2P^0$).

N II

Nous observons une émission aux environs de 6340 Å. Cette raie non signalée jusque là dans le spectre de HD 108, a notamment été observée en émission dans l'étoile P Cygni par Swings et Struve (1940) en 1939 et par Andrillat en 1965. Dans ce dernier cas, le matériel et les conditions d'observation sont les mêmes que pour HD 108. L'identification avec une raie de N II (Swings, P. *et al.*, 1940) n'est pas entièrement satisfaisante, en particulier pour HD 108, car aucune autre transition due à cet élément n'est visible dans cette étoile.

N III

Huit multiplets sont observés: $3^2S-3^2P^0$, $3^2P^0-3^2D$, $3s^2P-3p^2D$, $4^2D-5^2F^0$, $4^2F^0-5^2G$, $3s^4P^0-3p^4D$, $3s^4P^0-3p^4S$, $3p^4S-3d^4P^0$. Un seul d'entre eux apparaît en émission: $3^2P^0-3^2D$. Les conditions physiques nécessaires à cette émission ont été étudiées récemment par Nussbaumer (1971) ainsi que par Mihalas *et al.* (1971, 1972). Les autres multiplets sont présents en absorption. La plupart d'entre eux comportent seulement quelques raies assez faibles dont l'observation est souvent gênée par le voisinage d'absorptions ou d'émissions dues à d'autres éléments. Une exception toutefois, le multiplet $3s^4P^0-3p^4D$ (4510,92 Å, 4514,89 Å, 4518,18 Å, 4523,60 Å, 4530,84 Å, 4534,57 Å) dont les cinq composantes les plus marquées sont observées bien qu'elles soient assez faibles. Deux remarques s'imposent à ce sujet. En premier lieu, un examen de ce multiplet sur nos divers spectres révèle des variations importantes du rapport d'intensité des composantes. Ces variations peuvent être très rapides ainsi que le montre une comparaison des absorptions à 4518,18 Å, 4523,6 Å et 4534,57 Å sur les spectres W 5562 et W 5563 obtenus au cours de la même nuit. La seconde remarque concerne les raies situées à 4518,18 Å et 4534,57 Å qui,

au laboratoire, ont des intensités comparables. Sur le spectre W 5562, la raie 4534,57 est nettement plus faible que λ 4518,18 alors que sur W 5564 l'inverse se produit: la raie 4534,57 semble présente alors que λ 4518,18 est absent. Il serait sans doute intéressant de vérifier ces variations au moyen d'un instrument permettant d'obtenir un enregistrement simultané et rapide de ce multiplet $3s^4P^0-3p^4D$ et du multiplet $3s^4P^0-3p^4P$ situé plus loin dans l'ultraviolet (3354 Å–3374 Å) (les temps de pose de nos clichés sont de l'ordre de deux à trois heures, ce qui est trop long pour l'étude de telles variations). Signalons enfin que, sur les spectres W 5562, W 5564 et GB 2261, la raie de N III située à 4379,09 ($4^2F^0-5^2G$) est en absorption, alors que sur W 5563 et W 5566 elle présente un profil P Cygni, ce qui est inhabituel.

O III

Quatre raies du multiplet $3s^3P^0-3p^3D$ sont présentes sur les spectres W 5564, GB 2086, GB 2249 et GB 2261; l'absorption située à 3759,87 est la plus intense, ce qui prouve que, dans le cas étudié, le mécanisme de Bowen ne joue aucun rôle. Par contre, la raie λ 3757,21 (intensité labo: 5) est anormalement forte: ainsi, sur W 5562 elle est clairement présente alors que λ 3754,21 (intensité labo: 7) est absente et sur le cliché GB 2261 elle est nettement plus intense que λ 3774,0 (intensité labo: 6). Elle est vraisemblablement renforcée par une raie de O IV (Swings, P. *et al.*, 1940). Sur les spectres W 5564 et GB 2249, une raie très faible de O III est visible à 3961,59 Å ($3p^1D-3d^1F^0$). Sur W 5563, cliché le mieux posé sur émulsion 103 aD, nous observons également une absorption à 5592,37 Å ($3s^1P^0-3p^1P$). Ces deux dernières raies de O III sont présentes avec une intensité comparable dans le spectre de 9 Sagittae (Swings, P. *et al.*, 1940).

Si III

Nous observons en émission les raies du Si III situées à 4552,6 Å, 4567,8 Å et 4574,7 Å. Toutes appartiennent au multiplet $4s^3S-4p^3P^0$. Conti (1971) note que HD 108 est la seule étoile Of dont le spectre montre ces raies du Si III en émission. Dans l'étoile P Cygni, elles sont décrites par Struve (1935) uniquement en absorption, à l'exception de la première d'entre elles qui possède une composante en émission.

Sur les spectres GB 2086, GB 2249 et GB 2261 une émission est visible aux environs de 3806 Å. Dans l'étoile P Cygni, Struve et Roach (1939) observent une émission simple assez intense à 3806 Å due à la transition $4p^3P^0_2-4d^3D_1$ du Si III. Les autres raies de ce multiplet sont situées respectivement à 3796,1 Å et 3791,4 Å. Dans P Cygni comme dans HD 108, la première de ces raies est masquée par une superposition

avec H_{10} (3797,9 Å) et He I (3796,1 Å). La seconde est observée dans P Cygni avec une intensité environ trois fois plus faible que celle de la raie située à 3806,5 Å. Son absence dans HD 108 peut s'expliquer par une superposition avec une raie de O III (3791,3 Å) appartenant à un multiplet ($3s^3P^0-3p^3D$) nettement visible.

La présence d'une raie d'émission à 3806 Å semble n'avoir jamais été signalée dans HD 108. Elle n'est pas présente dans le spectre de HD 152408 auquel se réfèrent Conti et Alschuler (1971).

Si IV

Les raies du Si IV situées à 4088,8 Å et 4116,1 Å ($4s^2S-4p^2P^0$) apparaissent soit en absorption soit en émission dans les spectres des étoiles Of (Conti, 1973). Sur tous nos clichés, à l'exception de GB 1809 et GB 2249, 4088,8 Å apparaît comme une absorption très nette, accompagnée peut-être dans certains cas d'une très faible composante en émission. En ce qui concerne 4116,1 Å, il est parfois difficile par un simple examen visuel de décider du caractère exact de cette raie. Sous réserve d'une vérification sur la base d'enregistrements microphotométriques, il semble que le caractère de cette raie soit variable.

Sur W 5562, le caractère P Cygni est indiscutable. Sur les clichés W 5565, W 5566 et GB 2261, seule une absorption semble présente. Sur les autres spectres, il est plus difficile de se prononcer, mais un profil P Cygni est le plus probable. Ces deux raies, observées avec un profil P Cygni dans HD 152408 (Hutchings, 1968) sont en absorption dans l'étoile P Cygni (Struve, 1935).

Sur certains de nos spectres, nous observons également deux autres raies du Si IV situées à 4631,2 Å ($5f^2F^0-6y^2G$, très nette sur W 5563 et W 5566) et à 4654,3 Å ($5g^2G-6h^2H^0$, visible sur la plupart des spectres). Cette dernière a parfois été observée en émission dans HD 152408 (Hutchings, 1968).

Raies non identifiées à 4485 Å et 4503 Å

Ces deux émissions, observées dans de nombreuses étoiles Of n'ont pas encore été identifiées. Elles sont très faiblement présentes sur certains de nos spectres de HD 108.

Sur W 5564, la raie 4503 est plus intense que λ 4485 contrairement à ce que l'on remarque généralement sur les spectres d'étoiles Of (Conti, 1973). Cette observation est cependant en parfait accord avec le spectre de HD 108 décrit par Brucato (1971) et les spectres de HD 157857 et HD 169582 décrits par Wolff (1963).

Les deux raies sont présentes, mais très faibles sur les clichés W 5562, W 5563 et GB 1869. Sur les clichés GB 2249 et GB 2261, elles sont clairement visibles avec des intensités comparables.

Autres raies non identifiées

Deux raies d'émission sont présentes aux environs de 4414,7 Å et 4416,7 Å sur les spectres W 5562, W 5563, W 5564 et GB 2261. Elles sont à peine discernables sur GB 2249 et seule λ 4416,7 Å subsiste très affaiblie, sur les spectres GB 1809 et W 5566. Ces longueurs d'onde sont déterminées à quelques dixièmes d'Angstrom près, seulement à cause de l'imprécision de la correction pour l'effet Doppler. L'identification de ces émissions avec des raies de [Fe II] semble peu probable.

La raie [Fe II] 4287 Å qui a généralement la même intensité (Swings, J. P., 1973; Thackeray, 1967) n'est pas observée. Une autre identification possible est O II (transition $3s^2P-3p^2D^0$) dont les deux raies les plus intenses sont situées à 4414,91 Å et 4416,98 Å. La présence en émission de ce multiplet ainsi que d'autres raies de O II semble bien établie dans certaines étoiles de Wolf Rayet (Edlen, 1956). Dans le spectre de P Cygni, 4414,91 est signalée avec une composante en émission certaine par Struve (1935), probable et très faible par Beals (1950). Par contre ces deux auteurs observent toujours 4416,98 en absorption avec cependant des différences assez marquées: 4416,98 est à peine décelable sur les spectres de Beals où la composante d'absorption de 4414,91 est pourtant très forte alors que son intensité est comparable à celle de cette dernière lors des observations de Struve. Il importe également de noter que, dans le spectre de P Cygni observé par Beals, deux autres raies de O II sont présentes en émission, à 4345,56 Å et 4349,43 Å ($3s^4P-3p^4P^0$) avec une intensité supérieure à celle de la composante d'émission de 4414,91 Å. Elles sont également présentes dans le spectre de certaines étoiles de type Wolf Rayet (Smith, 1971) mais sont par contre absentes sur tous nos spectres.

Sur le spectre W 5563 une émission apparaît aux environs de 4705 Å, et peut-être une autre vers 4699 Å. La première semble également présente sur W 5564. Ces deux longueurs d'onde coïncident avec celles des deux transitions les plus intenses du multiplet $3p^2D^0-3d^2F$ de O II, multiplet qui participe à un «blend». dans le spectre de certaines étoiles de Wolf Rayet (Smith, 1971), mais qui n'est pas observé dans P Cygni (Struve, 1935; Beals, 1950).

L'attribution à O II des nouvelles raies d'émission observées dans HD 108 à 4414 Å, 4416 Å, 4105 Å et éventuellement à 4699 Å ne pourrait être convaincante que s'il était possible d'expliquer pour quelles raisons elles apparaissent en émission. Dans le spectre de certaines étoiles de type O, la présence de O II en absorption est bien établie (Conti, 1973): un grand nombre de raies sont observées dans les types O 9 et O 9,5; elles ont tendance à disparaître à partir de O 8,5. Pour que l'une d'entre elles apparaisse en émission, les conditions physiques, dans le cas de la transition considérée, doivent favoriser la population du niveau supérieur et la dépopulation du niveau inférieur. Tant

Tableau 2. Récapitulatif des observations du spectre de HD 108 publiées depuis 1919

λ_{lab} (Å)	Identifi- cation	1919 [1]	1921-1923 [2]	1934-1938 [3]	1940 [4] a) b)	1941 [5]	1942 [6]	1944, 1945 [3]	1950 [5]	1953 [5]	1954 [5]	1969 [7]	1971 [8]	1971, 1972
3734,4	H ₁₃								A		A			A
3750,2	H ₁₂								A	A	A			A
3757,2	O III								A					A
3759,9	O III									A	A			A
3762,4	Si IV													A
3770,6	H ₁₁								A	A	A			A?
3771,1	N III													
3791,3	O III					A			A	A	A		A?	A
3791,4	Si III													
3796,3	He II					A			A	A	A		C	C ⁺
3797,9	H ₁₀								A	A	A			
3813,5	He II					A			A	A	A			A
3819,6	He I													A
3833,8	He II					A								C ⁺
3835,4	H ₉								A	A	A		C	A
3858,1	He II								A?	A	A			A
3887,4	He II													
3888,6	He I													
3889,1	H ₈		C	C ⁺		A		A	A	A	A		C	C ⁺
3923,5	He II			A		A		A	A	A	A			A
3933,7	Ca II	A				A			A	A	A			A
3968,4	He II													
3968,5	Ca II					A			A	A	A			A
3970,1	H ₇	C ⁺	C	C ⁺		A			A	A	A		C	C ⁺
4025,6	He II	A?		A		A		A	A	A	A			A ou C
4026,2	He I							A						
4088,9	Si IV			A		A		A	A	A	A			A(C?)
4097,3	N III			A		A		A	A	A	A			A
4100,0	He II													
4101,7	H ₇	C ⁺	C	C ⁺		A		A ⁺	A	A	A		C	C ⁺
4116,1	Si IV					A			A	A	A			A ou C?
4120,8	He I					A			A	A	A			
4187,1	C III					A?			A?	A?	A			A?
4199,8	He II	A		A		A		A	A	A	A			A
4200,0	N III													
4338,7	He II													
4340,5	H ₇	C ⁺	C	C ⁺	A A	A	C	A ⁺	A	A	A	C	C	C ⁺
4379,1	N III					A			A	A	A			A ou C
4387,9	He I					A			A	A	A			C
4471,5	He I			A		A			A	A	A		E	C
4541,6	He II	A		A		A			A	A	A		E	A
4552,6	Si III												E	E
4567,8	Si III	E?											E	E
4634,2	N III	E		E(C?)	E E	E	C	C	E	E	E		E	E
4640,6	N III		E	E(C?)	E E	E		C(E?)	E	E	E		E	E
4641,9	N III													
4647,4	C III		E										E	E ou C
4650,2	C III		E	E(C?)				C faible				E	E	E
4651,4	C III													
4685,7	He II	E	E	C		EE	C	C	C	E	E	E	E	C ou E
4713,1	He I					A			A	A	A			
4859,3	He II													
4861,3	H ₇	C ⁺	C	C ⁺	C A	C	C	A	A	A	A	C	C	C ou C ⁺
4921,9	He I													C
5015,7	He I								A					C?
5411,5	He II	A		A		A								A
5696,0	C III			C		E				E?				E
5875,7	He I	E		C			C		A					C
6560,1	He II													
6562,8	H ₇		C	C	C C	E		C ⁺ faible	C	C E	C			E
6678,1	He I			C				C ⁺						C(E?)

a) Août. b) Septembre.

A = raie d'absorption, E = raie d'émission, C = profil P Cygni, EE = émission double,

C⁺ = émission au centre d'une absorption large, la composante d'absorption étant plus intense que la composante rouge,

A⁺ = C⁺ mais le maximum d'intensité est nettement plus faible que le niveau du continuum.

Références: 1. Merrill *et al.* (1925). — 2. Plaskett (1924). — 3. Beals (1950). — 4. Swings *et al.* (1941). — 5. Mannino *et al.* (1955). — 6. Swings *et al.* (1942). — 7. Brucato (1971). — 8. Conti *et al.* (1971). Dispersion à H₇: 1. 36 Å mm⁻¹; 2. 29 ou 49 Å mm⁻¹; 4. 56 ou 26 Å mm⁻¹; 5. 56 Å mm⁻¹ en 1941, 56 ou 26 en 1950, 73, 42 ou 26 en 1953, 42 en 1954; 7. 28 Å mm⁻¹; 10. 16 Å mm⁻¹.

que n'aura pas été démontrée la possibilité d'un tel mécanisme agissant sélectivement sur les transitions discutées ci-dessus, l'identification proposée doit être considérée comme douteuse.

Comparaison de nos observations avec des observations anciennes

Afin de mettre en évidence les variations présentées par le spectre de HD 108 depuis les premières observations réalisées en 1919, nous avons résumé sous la forme du Tableau 2 les descriptions données par les différents auteurs.

Nos résultats sont repris dans la dernière colonne à l'exception toutefois des raies non stellaires et de celles pour lesquelles aucune observation n'existait précédemment. Dans la première colonne est indiquée la longueur d'onde de laboratoire de la transition considérée, dans la seconde l'identification de l'élément (Moore, 1945). En tête des autres colonnes, on trouve la date et la référence des observations. Seuls, Mannino et Humblet donnent une liste complète de toutes les absorptions et émissions observées; les autres auteurs présentent une description souvent limitée uniquement aux raies d'émission ou aux seules raies de H I et He I.

De l'examen du Tableau 2, il ressort que la meilleure concordance existe entre nos spectres et ceux des années 1919–1938 et de janvier 1942, pour lequel nous ne disposons malheureusement que d'une description moins détaillée. Ce résultat est particulièrement frappant dans le cas de H I et He I. Ainsi en 1919, 1921–1923, 1934–1938, les raies H_α , H_γ , H_ϵ et H_8 présentent un profil P Cygni; puis en 1941, 1950, 1953 et 1954, elles sont uniquement en absorption; finalement en 1971 et 1972, elles réapparaissent avec un profil P Cygni. Pour H_γ , nous disposons de quatre observations intermédiaires (Brucato, 1971; Houziaux et al., 1968; Swings, P. et al., 1942): elle est du type P Cygni en janvier 1942, en absorption fine en décembre 1955, non détectable en août 1966 et enfin du type P Cygni en 1969. Le comportement de H_β est assez semblable à celui de H_γ , mais H_β n'est observé pour la première fois en absorption qu'en septembre 1941, elle est nettement en émission en août 1966.

L'étude de H_α est rendue difficile à cause des dispersions plus faibles généralement employées dans cette région spectrale: cette raie est décrite soit comme une émission pure soit comme une émission de type P Cygni.

Quelques raies de He I ont été observées à différentes époques. La raie 4026 est restée constamment en absorption, les autres par contre présentent des variations importantes:

— En 1919 $\lambda 4471$ est de type P Cygni; de 1941 à 1955 elle est en absorption; elle réapparaît avec un profil P Cygni en 1969, en émission en 1971, et enfin de nouveau P Cygni en 1972.

— $\lambda 5875$ est en émission en 1919, de type P Cygni en 1942, en absorption en 1953 et à nouveau de type P Cygni en 1972.

— $\lambda 4922$ est décrite pour la première fois en 1969: elle présente un profil P Cygni que nous observons également en 1972.

— $\lambda 5016$, observée en absorption en 1950, a presque complètement disparu sur nos spectres.

Mesure des vitesses radiales

Nous avons effectué des mesures de vitesse radiale sur les clichés W 5562, W 5563, W 5564 et GB 2261. Les résultats présentés dans le Tableau 3 ont été obtenus au moyen du meilleur spectre, GB 2261, sauf en ce qui concerne He I 5875,63, située hors du domaine spectral couvert par ce cliché et dont la vitesse radiale a été déterminée sur W 5563, et He I 3819,6, exceptionnellement bien marquée sur W 5562 et W 5564.

H I

Les composantes d'absorption violettes montrent une remarquable augmentation de la vitesse radiale au fur et à mesure que l'on progresse dans la série de Balmer depuis H_β jusque H_9 . Ceci indique clairement que nous

Tableau 3. Vitesses radiales des raies de HD 108

		Absorption (km/s)	Emission (km/s)
H_β	4861.332	– 258.9	– 65.5
H_γ	4340.468	– 208.7	– 71.1
H_δ	4101.737	– 180.5	– 69.3
H_9	3835.386	– 184.3	– 62.2
He I	5875.63	– 177.9	– 29.9
He I	4471.48	– 146.6	– 28.4
He I	3819.60	– 118	—
He I	4921.93	– 148.5	– 62.5
He I	4387.93	– 121.8	– 66.3
He II	3923.48	– 80.2	
	4541.59	– 79.1	
	4685.68	– 179	– 68.8
N III	4097.31	– 133.1	
	4379.09	– 67.8	
	4510.92	– 100.8	
	4514.84	– 102.1	
	4634.16		– 68.1
O III	3757.21	– 82.4	
	3759.97	– 89.5	
Si III	3806.56		– 83.9
	4552.65		– 68.4
	4567.87		– 63.0
Si IV	4088.86	– 86.3	
	4116.10	– 89.5	
Ca II (interstellaire)			
	3933.66	– 12.2	
	3968.47	– 12.2	

nous trouvons en présence d'une atmosphère en expansion, présentant une accélération marquée vers les couches extérieures. En effet, le coefficient d'absorption diminuant au fur et à mesure que nous progressons dans la série de Balmer, les profils observés pour H_β correspondent à des couches plus élevées de l'atmosphère que ceux observés pour H_γ , et ainsi de suite. Bien entendu, les mesures des vitesses radiales des composantes d'absorption violette sont rendues difficiles à cause de superpositions à des raies de He II (série de Pickering), de He I 3889 (cas de H_8) et de Ca II 3968,5 (cas de H_8). Ce problème est fortement réduit si nous considérons seulement H_β , H_γ , H_δ et H_9 qui sont perturbées uniquement par He II, puisque l'écart entre les raies correspondantes de H I et He II est constant lorsqu'il est exprimé en vitesse radiale et que les décréments de H I et de He II paraissent très semblables.

He I

Nous disposons de mesures de vitesse radiale pour quatre raies correspondant à des transitions $2^3P^0-n^3D$ ($n=3, 4, 5$ et 6). Les trois plus intenses ($5875,7 \text{ \AA}$; $4471,5 \text{ \AA}$; $4026,2 \text{ \AA}$) présentent un profil de type P Cygni;

la plus faible (3819,6 Å, $n=6$) est observée uniquement en absorption. La raie située à 4026,2 Å ($n=5$) n'est pas utilisable, car elle est mélangée avec He II d'intensité comparable. Les vitesses radiales de la composante d'absorption de ces raies décroissent dans l'ordre 5875,63; 4471,48; 3819,6, ainsi que l'on peut s'y attendre pour des raies de coefficient d'absorption décroissant dans une atmosphère s'accéléralant vers l'extérieur.

Dans la configuration des singulets, nous disposons de deux mesures correspondant aux transitions $2^1P^0-4^1D$ (4921,93 Å) et $2^1P^0-5^1D$ (4387,93 Å). A nouveau, nous observons la valeur la plus élevée de la vitesse radiale de la composante d'absorption pour la raie dont le coefficient d'absorption est le plus grand.

Conclusions

Un examen visuel d'une série de spectres de HD 108 obtenus à l'Observatoire de Haute Provence, ainsi que la mesure des vitesses radiales des raies les plus intenses sur certains d'entre eux, nous ont permis de mettre en évidence quelques caractéristiques nouvelles du spectre de cette étoile particulière.

Non seulement, nous avons pu décrire un plus grand nombre de raies dans les multiplets dont la présence avait déjà été signalée, mais nous avons aussi observé de nouvelles raies d'émission situées respectivement vers 3806 Å (Si III), 4415 Å et 4417 Å (O II?) et enfin 6340 Å (N II?).

Une comparaison de nos spectres obtenus en 1971 et 1972 avec les descriptions publiées dans la littérature montre que la meilleure concordance est obtenue avec ceux des années comprises entre 1919 et 1938.

En ce qui concerne les variations spectrales sur un intervalle de temps assez court, Brucato (1971) avait mis récemment en évidence des variations rapides de la largeur équivalente de H β et de He I 4471. Par contre, dans la limite de précision de ses mesures, il concluait à une stabilité des autres raies étudiées, notamment He II 4686 et le groupe N III–C III (4634 Å–4650 Å). Comparant nos divers spectres entre eux, nous avons observé des variations rapides (échelle de temps: moins d'un jour à quelques mois) de certaines raies de He I (4026,2 Å, 4387,9 Å; la première d'entre elles est superposée à une raie de He II), de N III ($3s^4P^0-3p^4D$ et $4^2F^0-5^2G$) et de Si IV ($4s^2S-4p^2P^0$).

Il découle des mesures de vitesses radiales que nous nous trouvons en présence d'une atmosphère en ex-

pansion présentant une accéléralation marquée vers les couches extérieures.

Lors d'une étape ultérieure, nous comptons effectuer des mesures les plus précises possibles de la largeur équivalente d'un grand nombre de raies, afin de déceler d'éventuelles anomalies dans les rapports d'intensités qui indiqueraient la présence de mécanismes d'excitation particuliers. Ces mesures permettront sans doute également de mettre en évidence des variations d'intensités sur de courts intervalles de temps.

Bibliographie

- Beals, C.S. 1950, *Publ. Dom. Astrophys. Obs. Victoria* **9**, 1
 Brucato, R.J. 1971, *Monthly Notices Roy. Astron. Soc.* **153**, 435
 Conti, P.S. 1971, IAU Symposium n° 49, Buenos Aires
 Conti, P.S. 1973, *Astrophys. J.* **179**, 161
 Conti, P.S., Alschuler, W.R. 1971, *Astrophys. J.* **170**, 325
 Edlén, B. 1956, Identification of Emission Lines in the Spectra of Wolf-Rayet Stars in *Vistas in Astronomy*, Vol. II, Ed. A. Beer, Pergamon Press, Oxford, p. 1456
 Houziaux, L., Ringuet-Kaswalder, A. 1968, *J. Obs.* **51**, 165
 Hutchings, J.B. 1968, *Monthly Notices Roy. Astron. Soc.* **141**, 219
 Kuhl, L.V. 1973, communication privée
 Mannino, G., Humblet, J. 1955, *Ann. Astrophys.* **18**, 237
 Mihalas, D. 1971, *Astrophys. J.* **170**, 541
 Mihalas, D., Hummer, D.G., Conti, P.S. 1972, *Astrophys. J.* **175**, L 99
 Merrill, P.W., Humason, M.L., Burwell, C.G. 1925, *Astrophys. J.* **61**, 389
 Moore, C.E. 1945, *Contr. Princeton Univ. Obs.* n° 20–21
 Nussbaumer, H. 1971, *Astrophys. J.* **170**, 93
 Plaskett, J.S. 1924, *Publ. Dom. Astrophys. Obs. Victoria* **2**, 287
 Smith, L.F. 1971, *Astrophys. J.* **164**, 275
 Struve, O. 1935, *Astrophys. J.* **81**, 66
 Struve, O., Roach, F.E. 1939, *Astrophys. J.* **90**, 727
 Swings, J.P. 1973, communication privée
 Swings, P., Struve, O. 1940, *Astrophys. J.* **91**, 546
 Swings, P., Struve, O. 1941, *Publ. Astron. Soc. Pacific* **53**, 35
 Swings, P., Struve, O. 1942, *Astrophys. J.* **96**, 254
 Thackeray, A.D. 1967, *Monthly Notices Roy. Astron. Soc.* **135**, 51
 Wolff, R.J. 1963, *Publ. Astron. Soc. Pacific* **75**, 485

Y. Andriolat
 Laboratoire d'Astronomie
 Université des Sciences et Techniques du Languedoc
 F-34 Montpellier, France

Ch. Fehrenbach
 Observatoire de Haute Provence
 Saint-Michel l'Observatoire
 F-04300 Forcalquier, France

P. Swings et J. M. Vreux
 Institut d'Astrophysique
 Université de Liège
 B-4200 Cointe-Ougrée, Belgique