

**Note sur quelques spectres stellaires présentant à la fois
des raies d'émission de H, He I, He II, C III, [O III], Néb.
et les bandes d'absorption de Ti O,**

par P. SWINGS,

Chargé de cours à l'Université de Liège

1. Dans une note récente ⁽¹⁾, P. W. Merrill a décrit les spectres remarquables de trois étoiles variables : AX Persei, RW Hydrae et CI Cygni. Ces spectres présentent la caractéristique bizarre qu'on y trouve à la fois : d'une part, des raies d'émission de H, He I, He II, C III, [O III] ⁽²⁾ et Néb (λ 3869, 3968, 4363, 4959 et 5007 Å), ce qui semble indiquer une température élevée et une pression basse; d'autre part, les bandes d'absorption de TiO, ce qui caractérise les étoiles froides. La présente note a pour but de fournir quelques indications qui pourraient être utiles pour une étude de l'origine de ces spectres. Dans le tableau I, nous résumons la description donnée par P. W. Merrill.

Comme le signale P. W. Merrill, la présence des raies interdites indique que la pression est certainement très faible.

2. Il semble extrêmement bizarre que le spectre d'absorption puisse présenter simultanément les raies atomiques du type KO et les bandes TiO d'un type de MO à M4 ⁽³⁾. Pour

⁽¹⁾ *Astrophysical Journal*, 77, 44, 1933.

⁽²⁾ Le crochet [] signifie raie interdite.

⁽³⁾ Pour apprécier le type spectral des raies atomiques d'absorption, P. W. Merrill s'est basé sur des clichés relativement sous-exposés et très étroits. La fixation précise du type spectral des raies atomiques étant de la plus haute importance, il serait souhaitable qu'on obtint des spectres analogues à exposition plus longue et, si possible, à dispersion un peu plus grande.



qu'une atmosphère stellaire simple présente cette coexistence, il est nécessaire d'admettre une abondance spécialement élevée en titane. En effet, comme l'ont montré L. Rosenfeld et Y. Cambresier (1), il n'y a plus d'effet appréciable de magnitude absolue sur les bandes de TiO pour T > 2900° K. Toutes les étoiles ayant une température déterminée, supérieure à 2900° K et ayant la même concentration en titane, ont, quelle que soit leur gravité g, même intensité des bandes de TiO.

Tableau I.

ÉTOILE	Bandes d'absorption de TiO.	Spectre de raies d'absorption.	Raies brillantes.
<i>AX Persel</i> : variable irrégulière (longues périodes de calme interrompues par des oscillations de période 60-650 jours). — Magn.: 9.4 à 13.4. — Magn. Merrill: 12.2.	Intensité correspond à la classe M3.	? KO? Plutôt type géant.	H, HeII, Neb.: très intenses; HeI, NIII: nets; FeI: très faible.
<i>IV Hydraz</i> : variable à période de 370 jours. — Magn.: 9.9 à 10.8. — Magn. Merrill: environ 9.	MO ou M1 suivant l'époque.	Indistinct. Ressemble au précédent.	H et HeII: nets; HeI et Neb.: faibles; NIII: trace.
<i>CI Cygni</i> : variable irrégulière. — Magn. 11.5 à 12.2.	Plus intense que dans AX Persel. Analogie à M4.	Moins distinct que dans AX Persel.	H et HeII: très intenses; HeI, Neb. et NIII: nets; [FeII] et CIII: faibles; traces.

Il est aisé de déterminer l'abondance en Ti nécessaire à une étoile de type KO pour que ses bandes de TiO aient la même intensité qu'en M3; on trouve qu'il faudrait qu'il y eût une abondance en Ti cent fois plus grande que dans le Soleil.

Ceci n'est pas impossible; on peut le rapprocher du cas de l'intervalle B8 — F0, où l'on trouve des étoiles à abondances

(1) *Public. Institut Astronomie, Liège*, n° 109, 1933.

spécialement élevées en différents éléments (1); d'autre part, dans le cas des étoiles de Wolf-Rayet, on observe aussi des astres avec et sans carbone (2). Evidemment, il en résulterait que le spectre atomique présente également des raies de Ti beaucoup plus intenses que dans l'étoile normale KO. A ce point de vue aussi, l'obtention d'un bon spectre d'absorption atomique de ces étoiles (à dispersion suffisante) serait extrêmement souhaitable.

On ne voit guère d'hypothèse plus qu'un moins satisfaisante en dehors d'une abondance considérable en titane. Si l'on admettait, par exemple, que l'étoile possède une atmosphère KO et présente une enveloppe extérieure plus froide, du type MO — M4 (à concentration normale en titane), on devrait trouver un spectre d'absorption atomique qui fût superposition des types KO et M.

De même, on peut difficilement admettre que les bandes d'absorption de TiO et les raies atomiques aient leur origine dans deux étoiles différentes très voisines, l'une KO, l'autre MO — M4; le spectre d'absorption atomique serait en effet la superposition des deux.

3. La présence du spectre de raies d'émission constitue aussi un problème très difficile. L'obtention de ces raies exige en effet une excitation très forte. Ainsi, si l'on admet l'hypothèse que les raies brillantes résultent de la recombinaison d'ions H⁺, He⁺⁺, He⁺, N⁺⁺⁺, Fe⁺⁺ (pour CI Cygni, aussi O⁺⁺⁺ et C⁺⁺⁺); ceci exige une température très élevée.

Si l'on applique l'équation de M. N. Saha :

$$\log \frac{x}{1-x} = -\frac{5041 I}{T} + 2.5 \log T - 6.48 - \log p_e,$$

où x représente la proportion d'atomes ionisés,

(1) M. W. MORGAN, *Astrophysical Journal*, 1932 et 1933, plusieurs notes.

(2) C. H. PAYNE, *Zeitschrift für Astrophysik*, 7, 1, 1933.

(3) Hypothèse émise par O. Struve pour interpréter les raies brillantes des étoiles Be.

P 890 B
(117)

Bibliothèque de l'Université
de Liège - PÉRIODIQUES

P. Swings. — Note sur quelques spectres stellaires, etc.

I le potentiel d'ionisation en électrons-volts (relativement grand ici, de l'ordre de 60),
T la température absolue,
et p_e la pression électronique,
on ne pourra obtenir une valeur admissible de p_e permettant d'avoir un pourcentage suffisamment grand des ions indiqués plus haut, que si T est très grand ($T > 15000^\circ$).

Ainsi donc, un système analogue à celui préconisé par O. Struve pour les étoiles Be ⁽¹⁾ (anneau extérieur à l'étoile) n'est pas possible ici; la température de l'anneau serait en effet égale ou inférieure à celle de l'étoile centrale KO, c'est-à-dire inférieure à 4000°. Le type préconisé par Dean B. Mc Langhlin pour les étoiles Be n'est pas plus applicable. Le modèle inverse : étoile centrale chaude du type O, à raies d'émission, entourée à grande distance d'un anneau ou d'une enveloppe beaucoup plus froide de type KO (à concentration élevée en titane), paraît plus satisfaisant.

Il semble bien pourtant que l'explication la plus vraisemblable soit encore celle d'un système double : une étoile O associée à une étoile KO à haute concentration en titane, ces deux astres étant trop rapprochés angulairement pour être séparés dans le spectrographe. Cette hypothèse permettrait peut-être d'expliquer, du moins en partie, la variabilité de l'éclat de ces astres.

De toute façon, l'intérêt particulier de ces spectres constituant la superposition d'un type très chaud (raies d'émission), d'un type très froid (bandes de TiO) et d'un type moyen (spectre atomique KO) rend éminemment souhaitable que ces spectres soient repris à dispersion plus élevée et qu'on ait à leur sujet une documentation un peu plus précise.

Institut d'Astrophysique de l'Université de Liège,
25 août 1933.

(1) O. STRUVE and P. SWINGS, *Astrophysical Journal*, 75, 161, 1932.

Marcel HAYEZ, imprimeur de l'Académie royale de Belgique, rue de Louvain, 112 Bruxelles



UNIVERSITÉ DE LIÈGE

INSTITUT D'ASTRONOMIE ET DE GÉODÉSIE

N° 117

Sur les bandes d'oxyde de scandium observées dans les spectres des étoiles froides

PAR

P. SWINGS

Chargé de cours à l'Université de Liège.



**Sur la présence simultanée des bandes du carbone
et de l'oxyde de titane dans les taches solaires,**

par P. SWINGS,
Chargé de cours à l'Université de Liège

1. Dans un important mémoire publié en 1931, R. S. Richardson⁽¹⁾ a étudié le spectre des taches solaires pris à grande dispersion ($1\text{ \AA} = 1,5\text{ m}\mu$), en vue de déterminer les bandes de molécules diatomiques qui y sont présentes. Il a notamment montré avec certitude la présence simultanée des bandes de Swan de C_2 ($B^3\Pi \leftarrow A^3\Pi$) et des bandes de Ti O ($c^3\Pi \leftarrow x^3\Pi$). Richardson signale son étonnement de trouver simultanément ces deux molécules qui, jusque-là, avaient toujours été considérées comme s'excluant mutuellement, les étoiles se séparant vers K3 en une branche K3 — S — M à oxyde de zirconium et oxyde de titane (et pas de C_2) et une branche K3 — R — N à carbone C_2 (et pas d'oxyde de titane)⁽²⁾.

Dans un mémoire récent⁽³⁾, L. Rosenfeld a montré que cette subdivision impliquait l'existence de deux espèces de compositions chimiques des atmosphères d'étoiles froides : les unes (branche S — M) où l'oxygène est abondant par rapport au carbone, les autres (R — N) où l'inverse se présente. Dans ces conditions, toutes les observations relatives aux

⁽¹⁾ *Astrophysical Journal*, 73, 233, 1931.

⁽²⁾ Ce phénomène est décrit en détails dans l'article de R. H. CURRISS du *Handbuch der Astrophysik*, V, 1, p. 97, 1932. Il y a seulement une étoile (α Herculis, classe Mb) où l'on a cru observer simultanément les bandes de Ti O et des traces de C_2 (Stebbins); mais l'identification est incertaine.

⁽³⁾ On the Occurrence of Molecules in the Atmospheres of the Carbon Stars (*M.N.R.A.S.*, 1933), en cours de publication.

variations d'intensité des bandes de CH, CN et C₂ peuvent parfaitement s'interpréter.

Le but de la présente note est de montrer que l'observation faite par R. S. Richardson n'est étonnante qu'à première vue et qu'elle se justifie par application des équations d'équilibre de dissociation lorsqu'on tient compte des abondances relatives du carbone et du titane dans le Soleil.

2. Les estimations de la température de l'atmosphère au sein d'une tache solaire (classe K 0) se répartissent entre 4500 et 5000 degrés; nous prendrons T = 5000°, les résultats restant d'ailleurs valables pour des températures comprises entre 4000 et 6000°.

L. Rosenfeld et Y. Cambresier ⁽¹⁾ ont fait le calcul du nombre de différentes molécules diatomiques (Ti O, Zr O, CH, CN, C₂) situées dans une colonne de surface unitaire de la couche renversante; nous avons indiqué dans une autre note, présentée à cette même séance, le principe de cette détermination et nous en avons fait l'application à la molécule Se O. Nous nous contenterons ici d'extraire du mémoire cité les valeurs des nombres de molécules Ti O et C₂ présentes dans une atmosphère stellaire à 5000°. Remarquons d'abord qu'à cette température il n'y a plus, pour Ti O et C₂, d'effet de magnitude absolue [effet de pression]; nous n'avons donc aucunement besoin de connaître la pression régnant dans les taches.

On a ⁽²⁾

$$\log N(\text{TiO}) - \log N(\text{C}_2) = 12,8 - 14,7 + \log \mu_{\text{Ti}} - \log \mu_{\text{C}_2}$$

⁽¹⁾ On the Occurrence of Molecules in the Atmospheres of the Stars of the Main Sequence (M.N.R.A.S., 1933), en cours de publication.

⁽²⁾ Évidemment, l'application des formules de L. Rosenfeld et Y. Cambresier au cas des taches solaires ne peut donner qu'une valeur approchée; les auteurs considèrent en effet une atmosphère en équilibre, ce qui n'est pas le cas d'une tache solaire. Il est néanmoins certain que l'on peut obtenir ainsi une estimation correcte des ordres de grandeur des nombres cherchés.

μ_{Ti} et μ_{C_2} étant les abondances en Ti et C dans l'atmosphère solaire. H. N. Russell a donné les valeurs de ces abondances ⁽¹⁾; on a

$$\log \mu_{\text{C}_2} - \log \mu_{\text{Ti}} \sim 2.$$

Il en résulte donc qu'il y a dans l'atmosphère d'une tache solaire un nombre sensiblement égal de molécules C₂ et Ti O, ce qui justifie l'observation faite par R. S. Richardson.

Ce nombre est d'ailleurs relativement faible comparé aux nombres de molécules Ti O dans les étoiles M (10⁴ à 10⁵ fois moindre) et de molécules C₂ dans les étoiles R (10³ à 10⁴ fois moindre). Richardson n'a réussi à observer les bandes de ces molécules que grâce à la très grande dispersion employée.

Ceci confirme la conclusion à laquelle Richardson arrive dans son mémoire : l'examen à très haute dispersion d'étoiles de composition analogue à celle du Soleil, dans un domaine déterminé de températures (au voisinage de K 0), manifesterait probablement la présence simultanée de TiO et de C₂.

Remarquons encore que pour le type spectral K 3 où commence à se manifester la séparation en deux branches K 3—S—M et K 3—R—N, le nombre de molécules C₂ est encore sensiblement égal au nombre de molécules Ti O pour les étoiles de composition analogue à celle du Soleil. Ce n'est que pour les étoiles de la branche S—M et de température plus basse que K 3 que la pénurie en C₂ commence à se manifester d'une façon nette et va en augmentant lorsque la température diminue; le nombre de molécules Ti O croît assez rapidement dans ce domaine, alors que le nombre de molécules C₂ y est d'abord sensiblement constant, puis diminue rapidement.

Institut d'Astrophysique de l'Université de Liège,

21 septembre 1933.

(1) *Astrophysical Journal*, 70, 11, 1929.