

NOUVELLES CORRESPONDANCES ENTRE LES SPECTRES DES COMÈTES ET DES ÉTOILES N

par P. SWINGS

ABSTRACT. — *Ultraviolet emissions observed in the nuclear regions of Comets 1941 I (CUNNINGHAM) and 1937 II (WILK-PELTIER) appear to coincide with the absorption features of the late N-stars in the same spectral region (λ 3 600- λ 3 850). This gives some evidence in favor of the assignment of the unidentified ultraviolet absorption bands of N-stars and of the unassigned cometary emissions to the same molecule, probably a polyatomic compound.*

Coincidences of a less striking nature are found between the MERRILL-SANFORD bands of N-stars and unidentified cometary emissions in the region λ 4 200- λ 5 200.

Certaines similarités entre les bandes d'émission des comètes et les bandes d'absorption des étoiles N les plus froides ont été discutées dans des travaux récents [1] [2]. Outre les bandes de C_2 , CH et CN qui sont communes aux spectres des comètes et des étoiles N avancées, ces spectres montrent, tous deux, le « groupe 4 050 » provisoirement attribué à la molécule C_3 .

Le présent travail a pour but de rechercher s'il peut y avoir une correspondance entre les autres bandes d'absorption caractéristiques non expliquées des étoiles N et des émissions non identifiées des comètes. La comparaison portera d'une part, sur la région ultra-violette λ 3 600 — λ 3 850, d'autre part sur la région du violet au vert.

I. RÉGION ULTRA-VIOLETTE. — Lors de mes mesures des spectres de la comète 1941 I (Cunningham), j'avais constaté la présence de radiations « nucléaires » assez faibles dans la région λ 3 600 — λ 3 850, mais je n'avais pu trouver aucune interprétation pour ces émissions. J'avais décidé de postposer leur description jusqu'à ce que j'aie pu confirmer ces radiations à partir d'observations d'autres comètes, dans des conditions de résolution spectrale différentes. On aurait, en effet, pu craindre que la présence d'un faible spectre solaire réfléchi par la région centrale de la tête de la comète ne donne, à faible résolution, une apparence de « raies » d'émission là où se trouvent, en fait, des espaces entre raies ou bandes d'absorption.

Récemment, à l'occasion d'un examen de la collection de spectres cométaires du Lick Observatory, j'ai constaté la présence de radiations dans la même région, sur un spectrogramme de la comète 1937 II (WILK-PELTIER) obtenu au spectrographe Crosley nébulaire. La résolution de ce dernier est différente de celle du

TABLEAU I

LONGUEURS D'ONDE DE RADIATIONS COMÉTAIRES DANS LA RÉGION λ 3 600- λ 3 850 ;
RÉGIONS CORRESPONDANTES D'ABSORPTION DANS LES ÉTOILES N AVANCÉES

2

| COMÈTE 1941 I | | COMÈTE 1937 II | | ABSORPTION CORRES- PONDANTE DANS LES ÉTOILES N |
|----------------|-----------------------|----------------------|------------------|---|
| 22 déc. | 28 déc. | λ adoptées | 21 fév. 1937 | |
| 16 déc. 1940 | | | | |
| | 18.6 (1-0n?) | 3 618.6 (1-0n?) | | Bande d'absorption pro- fonde et très large, s'étendant de λ 3 575 à λ 3 630; max. à λ 3 595. |
| | 25.5 (1n?) | 3 625.5 (1n?) | | |
| 3 674.4* (2n) | 74.1 (2) | 3 674.3 (2) | 3 709.7 (0) | Bande d'absorption pro- fonde et très large, s'étendant d'environ λ 3 674 à environ λ 3 728, avec maxima à λ 3 681 et λ 3 710 ; centre à λ 3 700. |
| { 3 691.8 (1n) | { 93.9 (1-2) (**) | { 3 692.7 (1-2) (**) | 3 724.0 (0) | |
| { 3 700.7 (2n) | { 99.5 (1) (**) | { 3 699.7 (1) (**) | | |
| | 3 717.9 (1-2n?) (***) | 3 717.9 (1-2n?) | 3 739.2 (0-1) | Fortes absorptions diffuses à λ 3 736. |
| | | | 3 748.1 (0) | Fortes absorptions diffuses à λ 3 748. |
| 3 780.8 (2n) | 80.0 (2-1) | 3 780.4 (2-1) (†) | 3 762.1 (0) | Bande d'absorption pro- fonde et très large, centrée à λ 3 790, s'éten- dant de λ 3 760 à λ 3 815 (un max. à λ 3 807). |
| 3 785.2 (1n) | 83.8 (1-2) | 3 784.5 (1-2) (†) | 3 785.3 (1-2) | |
| 3 804.5 (2n) | 03.5 (2) | 3 804.0 (2) | 3 810.3 (1n) (§) | |
| | 3 808.9 (1-2) | 3 807.8 (2n) | 3 830.1 (1) | Fortes absorptions diffuses à λ 3 825. |
| | 3 828.0 (1n) | 30.8 (1) | | |

(*) Aussi observée à λ 3 674.5 sur le cliché du 8 décembre.

(**) Caractère double incertain ; pourrait être une raie large λ 3 696.8 (1 — 2n).

(***) Émission incertaine.

(†) Caractère double incertain ; pourrait être une émission large λ 3 784.0 (2n).

(§) S'étendant de 3 803 à 3 817.

spectrographe cassegrain (montage Qf₁) du McDonald Observatory qui avait servi à obtenir les spectres de la comète 1941 I.

Le tableau I résume les données d'observation. Le groupe 4 050 était intense sur les spectrogrammes où les émissions nucléaires ultra-violettes ont été mesurées.

Des spectres solaires d'intensités diverses obtenus avec une dispersion analogue m'ont montré aussi que, à part quelques coïncidences possibles, les « émissions » cométaires de la région λ 3 600— λ 3 850 ne coïncident pas avec les maxima possibles du spectre solaire réfléchi. C'est ainsi qu'il n'y a aucun maximum dans le spectre solaire aux environs de λ 3 829, 3 762, 3 748, 3 700, 3 693.

Les émissions du tableau I ne peuvent être identifiées à une molécule connue. Certes, certaines coïncidences apparaissent. C'est ainsi que plusieurs émissions sont proches des bandes de CO₂⁺ récemment trouvées dans les queues de comètes [3]. Toutefois, les intensités relatives des émissions observées ne correspondent pas à celles de CO₂⁺. D'ailleurs, ces émissions sont « nucléaires » : leur distribution au sein de la tête paraît identique à celle du groupe 4 050 et ne ressemble pas aux émissions caractéristiques des queues. Le spectre de la comète Cunningham du 28 décembre 1940 montre les bandes les plus intenses de la queue, dont la distribution d'intensité en fonction de la distance au noyau diffère complètement de celle de λ 3 784 ou de λ 3 810. On pourrait aussi remarquer que trois des longueurs d'onde du tableau I, λ 3 619, 3 700 et 3 830, sont proches de trois émissions du ciel nocturne, λ 3 622, 3 700 et 3 832. Le ciel nocturne ne doit, toutefois, pas être invoqué, car les raies cométaires en question sont courtes, alors qu'une émission nocturne aurait toute la longueur de la fente.

Comme l'indique le tableau I, les émissions ultra-violettes coïncident avec les bandes ou raies d'absorption récemment découvertes dans Y Canum Venaticorum [2]. Aucune des émissions cométaires ne tombe dans une région « brillante » du spectre de YCVn ; en revanche elles tombent toutes, soit dans les bandes profondes et très larges d'absorption, soit dans les « raies » (?) d'absorption, relativement peu larges, mais très fortes, séparées par des régions ressemblant à des émissions.

Une telle coïncidence rappelle évidemment la coïncidence entre le groupe 4 050 des comètes et la région 4 050 des étoiles N. Quoique l'identité des émissions ultra-violettes cométaires de la région de λ 3 600— λ 3 830 à celle des absorptions N de la même région ne puisse pas être considérée comme prouvée, elle est fortement suspectée.

Qu'il y aie une correspondance entre le « groupe 4 050 » et le nouveau « groupe 3 784 », aussi bien dans les comètes que dans les étoiles N, est une hypothèse de travail méritant d'être poursuivie.

Afin de mieux illustrer la correspondance entre les régions d'absorption des étoiles N avancées et les émissions cométaires, dans la région λ 3 600— λ 4 100,

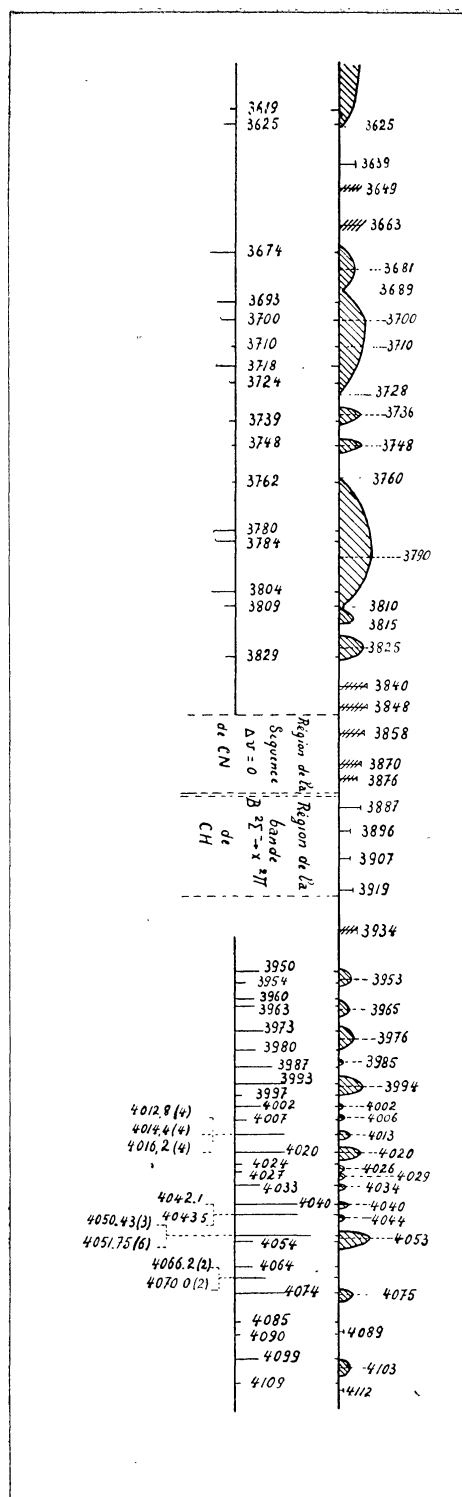


FIG. 1. — Régions d'absorption des étoiles N et émissions cométaires dans le domaine λ 3 600 — λ 4 100.

La partie supérieure représente schématiquement le spectre d'absorption des étoiles N avancées ; la partie inférieure donne les émissions cométaires. Les raies cométaires reconnues multiples ou suspectées de multiplicité ont été indiquées.

je les ai reproduites schématiquement sur la figure I. On remarquera que presque aucune émission cométaire d'intensité appréciable ne tombe dans une région « brillante » des spectres N. Seule λ 4 068 fait, peut-être, exception ; λ 4 013 paraît aussi trop forte dans les comètes, comparativement à l'absorption N correspondante. C. FEHRENBACH [4] a déjà fait remarquer que λ 4 013 et λ 4 067 paraissent trop intenses dans la comète 1948 IV, relativement à l'intensité de ces raies en émission au laboratoire. FEHRENBACH en a conclu qu'une émission autre que celle du « groupe 4 050 » intervient probablement dans la même région. Naturellement, étant donné les processus d'excitation très différents en laboratoire et dans les étoiles N et, surtout, dans les comètes, on doit s'attendre à des différences dans les intensités relatives. L'observation de FEHRENBACH n'en garde pas moins tout son intérêt. Mais, avant de pouvoir conclure, il faut attendre que le spectre 4 050 soit analysé en laboratoire. Si on accepte la classification vibrationnelle proposée récemment [1], λ 4 013 et λ 4 068 ont des intensités raisonnables, tant dans les spectres cométaires que dans les spectres de laboratoire. Mais l'interprétation de la distribution d'intensité dans les étoiles N n'est pas claire. En tout cas, d'une manière générale, les intensités se correspondent dans les étoiles N et dans les comètes ; en particulier λ 4 051 est la plus intense absorption N et la plus forte émission cométaire.

II. RÉGION λ 4 200 — λ 5 200. — Les étoiles carbonées avancées sont caractérisées par un ensemble de bandes d'absorption non identifiées, dont les plus intenses sont dégradées vers le rouge. Ces bandes ont été étudiées successivement par MERRILL, SANFORD, SHANE et McKELLAR [5] ; elles sont particulièrement intenses dans l'étoile N4 (C₄) RY Draconis ; pour la simplicité, je les

appellerai les bandes de MERRILL-SANFORD. Elles paraissent concentrées dans la région $\lambda 4\ 200$ — $\lambda 5\ 200$; du moins, les essais de détection de bandes au delà de $\lambda 5\ 200$ effectués par McKELLAR se sont révélés infructueux. Elles se présentent essentiellement comme un ensemble de trois groupes de quatre bandes, dont deux relativement intenses et deux faibles. En plus des têtes, apparaissent des raies d'absorption relativement étroites, par exemple du côté rouge de $\lambda 4\ 867$; celles-ci sont vraisemblablement des détails de structure du système de MERRILL-SANFORD.

On sait que tous les essais d'interprétation de ces bandes ont, jusqu'ici, été infructueux. Il semble bien que la molécule responsable soit polyatomique [6], tout comme la molécule produisant le groupe 4 050. Il semble même qu'il doive y avoir une relation entre la molécule donnant les bandes de MERRILL-SANFORD et celle qui produit le groupe 4 050 (probablement C_3).

Étant donné que le groupe 4 050 se retrouve à la fois dans les étoiles N et dans les comètes et qu'il semble bien aussi y avoir concordance entre les absorptions N et les émissions cométaires dans la région $\lambda 3\ 620$ — $\lambda 3\ 830$, il paraît utile d'examiner si des émissions cométaires non expliquées se retrouvent dans les régions des bandes de MERRILL-SANFORD.

Certes une telle comparaison doit se faire avec une prudence extrême. Les bandes de $C_{12}C_{13}$ sont très intenses dans RY Draconis et étoiles N similaires, alors qu'elles sont généralement faibles dans les comètes observées jusqu'ici. Si, comme il paraît fort probable, la molécule donnant les bandes de MERRILL-SANFORD contient du carbone, un effet isotopique se manifestera donc dans les bandes d'absorption d'étoiles N et non dans les émissions cométaires. D'ailleurs, les comportements des systèmes de OH, NH, CN et CH dans les étoiles et les comètes montrent que les distributions vibrationnelles et rotationnelles d'intensité diffèrent fortement dans ces deux espèces d'astres. Or, l'aspect général du système de MERRILL-SANFORD fait penser que plusieurs transitions de vibration sont présentes. Si, en absorption dans les étoiles N, on s'attend essentiellement à des progressions (ν' , o) ou, du moins, à des progressions (ν' , ν'') où ν'' est petit, on peut penser que les transitions (ν' , ν'') ne sont pas nécessairement limitées aux plus petites valeurs de ν'' dans le cas des comètes, si l'on admet que l'émission cométaire est due à un mécanisme de fluorescence.

En attendant que le système de MERRILL-SANFORD ait été reproduit et analysé en laboratoire, la seule méthode logique de comparaison entre les absorptions N et les émissions cométaires semble être de choisir, dans chacun des groupes de quatre bandes, les régions d'absorption N les plus intenses et d'examiner les spectres cométaires dans ces régions. En fait, les résultats d'une telle comparaison pourront, peut-être, aider le spectroscopiste de laboratoire, tout comme les observations astronomiques relatives au groupe 4 050 ont constitué un point de départ

et un guide pour les travaux expérimentaux correspondants. De l'aspect général du système de MERRILL-SANFORD, notamment de sa décroissance générale en intensité lorsqu'on passe du groupe λ 4 977 (le plus intense) au groupe λ 4 352 (le plus faible), on est tenté de penser que ce système n'appartient pas à la molécule 4 050 ou, en tout cas, pas à la même transition électronique que le groupe 4 050. Pourtant il semble y avoir une parenté entre la molécule 4 050 et celle qui donne lieu aux bandes de MERRILL-SANFORD. Mais, encore une fois, cette question ne pourra être tranchée que par des travaux de laboratoire.

Nous avons donc examiné successivement les régions des six bandes de MERRILL-SANFORD, dégradées vers le rouge, λ 4 977, 4 867, 4 640, 4 542, 4 352, et 4 261.

TABLEAU II

ÉMISSIONS COMÉTAIRES TOMBANT DANS LES BANDES DE MERRILL-SANFORD

| λ MERRILL- SANFORD | 1 | 2 | 3 | ÉMISSIONS COMÉTAIRES | | | | | |
|----------------------------------|----------|----------|----------|----------------------|------------|------|------|----------|----------|
| — | — | — | — | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 4 977 | 91.3 (1) | | | 82.8 (3) | | | | | |
| | | 97 (0.5) | | | | | | | |
| 4 867 | 07.0 (1) | 07.6 (3) | | 06.2 (2) | | | | | |
| | | 72.4 (1) | 68.2 (1) | | 68.3 (2) | | | | |
| | | | 76.0 (1) | 78.0 (1.5) | | 73.0 | | | |
| | | | 83 (1) | | | | | | |
| 4 640 | | 45 (2) | | | 47 (2) | 42.8 | | | |
| | | 62.2 (3) | | | | 50.8 | | | |
| | | | | | 64 (2) | 60.7 | | | 60 |
| | | | | 69.6 (2.5) | | | | | |
| 4 542 | 41 (1) | 41 (1) | | | | | | 42.3 (0) | |
| | | | | 45.8 (2) | 45.6 (2.5) | | | | |
| | | | | 53.2 (2) | 54.5 (2) | | | | |
| 4 352 | | | | 50.7 (2) | 49.3 (3) | | | | 49 (0) |
| | | | | 56.7 (2) | | | | | |
| | | | | 62.7 (2) | 62 (2) | | 61.4 | | 64.5 (2) |
| | | | | | 67.9 (1.5) | | | | |
| | | | | 70.9 (2) | 72 (2) | | | | 71.3 (1) |
| | | | | | | | 75.6 | | |
| 4 261 | | | | 63.6 (2) | 64.1 (2) | | 63.9 | 63.7 (0) | 65 (0) |
| | | | | | | | 65.5 | | |
| | | | | 72.5 (1) | 73 (3) | | | | |

En se basant sur l'Atlas de SANFORD, on constate que les bandes $\lambda\lambda$ 4 640, 4 867 et 4 977 s'étendent avec une intensité appréciable, respectivement jusqu'à environ $\lambda\lambda$ 4 670, 4 885 et 5 010. Pour les autres bandes on doit adopter les limites indiquées par McKELLAR [5].

Dans diverses publications récentes, on a attiré l'attention sur la présence, au sein des séquences de SWAN, d'émissions étrangères qui ne peuvent être dues à une distribution anormale d'intensité dans les bandes de C_2 . Les bandes connues de MERRILL-SANFORD ne pourront, en tout cas, pas contribuer à la solution de ce problème, car aucune de ces bandes ne se trouve parmi les bandes de SWAN. Il est toutefois évident que si une bande du système MERRILL-SANFORD tombait au sein des bandes de C_2 , sa détection dans une étoile N serait bien difficile.

Nous avons résumé dans le tableau II les longueurs d'onde d'émissions cométaires tombant dans les bandes N et n'ayant pas reçu d'interprétation convaincante.

Les colonnes marquées de 1 à 9 correspondent aux références suivantes :

1. P. SWINGS, non publié (Comète 1941 I).
2. P. SWINGS and T. L. PAGE, *Ap. J.*, **111**, 1950, 530.
3. P. SWINGS, A. McKELLAR and R. MINKOWSKI, *Ap. J.*, **98**, 1943, 142.
4. J. DUFAY et M. BLOCH, *Ann. d'Aph.*, **11**, 1948, 58.
5. J. DUFAY et M. BLOCH, *Ann. d'Aph.*, **11**, 1948, 107.
6. N. T. BOBROVNIKOFF, *Pub. Lick Observ.*, **17**, 1930, 309.
7. N. T. BOBROVNIKOFF, *Ap. J.*, **99**, 1944, 173.
8. A. McKELLAR, *Ap. J.*, **99**, 1944, 162.
9. W. H. WRIGHT, *Lick Obs. Bull.*, **7**, 1912, 8.

Comme l'a montré P. PROISY [7], il est possible que certaines émissions du tableau II soient dues à NH_2 , notamment $\lambda\lambda$ 5 007, 4 997, 4 877, 4 646, 4 541, 4 264. Certaines autres ($\lambda\lambda$ 4 868, 4 546, 4 273) ont été occasionnellement attribuées à CO^+ ; d'autres encore à CH^+ , CN ou C_2 . Mais il s'agit, dans presque tous les cas, d'attributions douteuses ou, même, inacceptables.

On trouve des émissions cométaires qui ne sont pas interprétées de façon pleinement satisfaisante au voisinage des têtes des bandes $\lambda\lambda$ 4 867, 4 640, 4 542, 4 352 et 4 261. Certaines de ces émissions observées dans des conditions ou des comètes diverses sont très probablement réelles : c'est le cas des émissions cométaires $\lambda\lambda$ 4 868, 4 646, 4 541 et 4 263. D'autres émissions, situées à une assez grande distance des têtes, sont réelles également.

Il est, à l'heure actuelle, impossible de décider si les coïncidences réunies dans le tableau II sont accidentelles ou non. J'ai voulu simplement attirer l'attention sur la possibilité de la présence dans les comètes d'une émission due à la molécule responsable du système MERRILL-SANFORD des étoiles N.

Manuscrit reçu le 14 juillet 1953.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] B. ROSEN and P. SWINGS, *Ann. d'Astroph.*, **16**, 1953, 82.
- [2] P. SWINGS, A. McKELLAR and K. N. RAO, à l'impression dans les *M. N. R. A. S.*, 1953.
- [3] P. SWINGS and T. L. PAGE, *Ap. J.*, **111**, 1950, 530.
- [4] C. FEHRENBACH, *C. R.*, **227**, 1948, 519. Pour une discussion, voir P. D. JOSE and P. SWINGS, *Ap. J.*, **111**, 1950, 41.
- [5] A. McKELLAR, *J. R. A. S.*, Canada, **41**, 1947, 141 (ou *Contr. Dom. Ap. Observ.*, n° 7, 1947) ; toutes les références aux travaux antérieurs se trouvent dans cette note. Ces bandes apparaissent magnifiquement sur les reproductions de spectres d'étoiles carbonées, dans « An Atlas of Spectra of six Stars of Classes R and N » par R. F. SANFORD, *Ap. J.*, **111**, 1950, 262.
- [6] P. SWINGS and A. McKELLAR, *Ap. J.*, **108**, 1948, 458 ; P. SWINGS, A. McKELLAR and K. N. RAO, communication présentée à la réunion commune des commissions 27 et 29 de l'U. A. I., Congrès de Rome, 1952 (une note détaillée des mêmes auteurs est à l'impression dans les *Monthly Notices of the R. A. S.*, 1953) ; B. ROSEN and P. SWINGS, *Ann. d'Astroph.*, **16**, 1953, 82.
- [7] P. PROISY, note n° 15 dans « La Physique des Comètes », Mém. in-8°, *Soc. Roy. Sciences de Liège*, 4^e série, t. **13**, fasc. I-II, 1953.