

OBSERVATIONS DE LA COMÈTE BENNETT (1969 i) ⁽¹⁾

par CH. BERTAUD

(Astronome titulaire de l'Observatoire de Meudon)

Neuf comètes ont été trouvées au cours de l'année 1969. Quatre d'entre elles étaient des comètes périodiques dont on attendait le retour : les comètes Faye, Whipple, Honda-Mrkos-Pajdusakova et Slaughter-Burnham dont les périodes sont égales respectivement à 7,4, 7,5, 5,2 et 11,6 ans. Trois des cinq autres ont été remarquables. Ce sont les comètes Tago-Sato-Kosaka et



Fig. 195. — Photographie de la comète Bennett (1969 i) obtenue à l'Observatoire de Perth (Australie), le 18 mars 1970.

Pose 15 m. Instrument : astrographe de 33 cm d'ouverture.

Bennett, appelées provisoirement 1969 g et 1969 i, et une très faible, qui n'a guère dépassé la 13^e grandeur, la comète Curjumov-Gerasimenko (1969 h). Les deux premières sont devenues très brillantes et la dernière, malgré son faible éclat, est intéressante car c'est une périodique nouvelle. Sa période est de 6,6 ans.

La comète dont nous allons parler a été découverte par J. C. Bennett, à Prétoria, en Afrique du Sud, dans la nuit du 28 au 29 décembre 1969, alors

(¹) Conférence faite à la Société Astronomique de France le 22 avril 1970.

CH. BERTAUD

qu'elle se trouvait dans le Toucan, par 66° de déclinaison australe. Les deux nuits suivantes, elle fut encore repérée par les stations de poursuite des satellites artificiels situées à Olifantsfontein et à Woomera, en Afrique Australe et en Australie. J. B. Harris, de l'Observatoire de Perth, en Australie également, a communiqué sa position le 30 décembre. Elle était de magnitude 8.

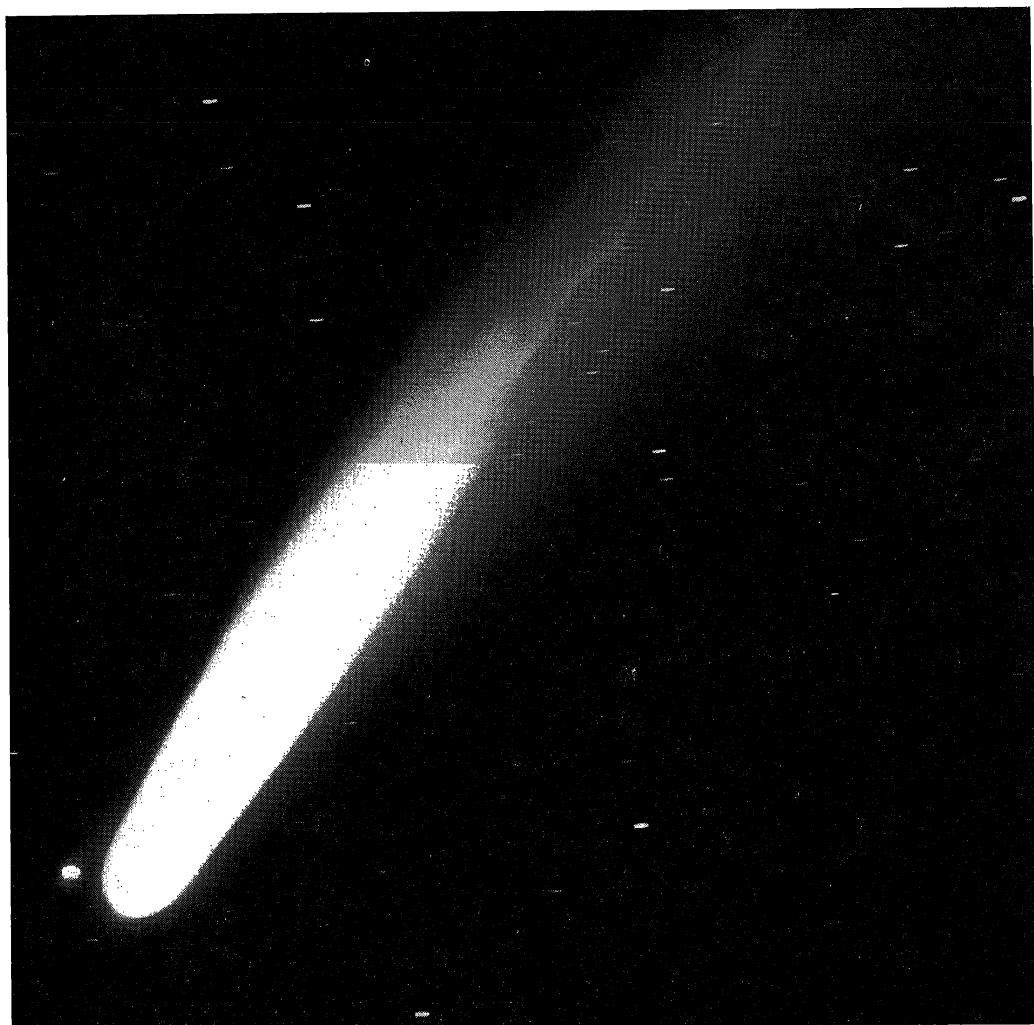


Fig. 196. — Photographie de la comète Bennett (1969 i) obtenue à l'Observatoire de Perth (Australie), le 20 mars 1970.

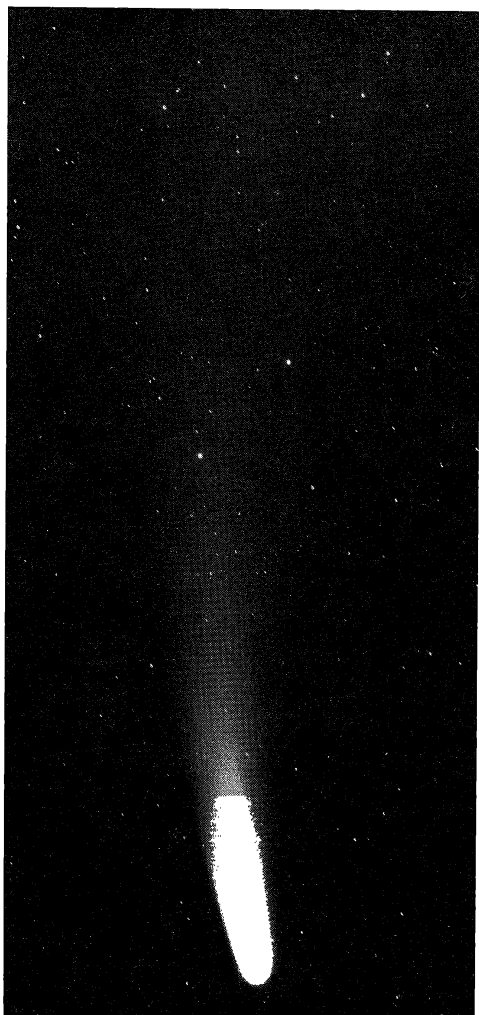
Pose 12 m. Instrument : astrographe de 33 cm d'ouverture.

Elle se présentait comme un objet diffus possédant une condensation centrale et se dirigeant vers le nord-ouest.

Les premiers éléments orbitaux ont été calculés par M. P. Candy en utilisant les observations effectuées sur quatre jours seulement. Ils permettaient de fixer l'instant du passage au périhélie au 20 mars suivant. Il semblait, d'après cette orbite préliminaire, que la comète deviendrait un objet visible à l'œil nu qui atteindrait peut-être la 2^e grandeur dans le courant de mars. Une deuxième orbite, plus précise que la précédente, fut encore calculée par

COMÈTE BENNETT (1969 i)

M. P. Candy qui utilisait, cette fois, 17 observations de position entre le 30 décembre 1969 et le 18 janvier 1970. Quinze des résidus calculés à partir de cette orbite étaient inférieurs à $2''$. Les magnitudes calculées à l'avance avec l'une des formules habituelles faisant intervenir la distance à la Terre et la distance au Soleil étaient les suivantes : 6,3 pour le début de février, 3,1 pour



**Fig. 197. — Comète Bennett (1969 i)
le 1 avril 1970.**

Pose 30 s. Observatoire de Nice : caméra
Antarès. Observateur : P. Muller.



**Fig. 198. — Comète Bennett (1969 i)
le 2 avril 1970.**

Pose 5 m. Observatoire de Nice : caméra
Antarès. Observateur : P. Muller.

le début de mars, 1,6 pour le 25 mars, 2,4 pour le début d'avril et 6,2 pour le 4 mai 1970.

Je n'insisterai pas sur les nombreuses observations ayant donné des positions précises, effectuées à l'Observatoire de Perth par J. B. Harris, M. P. Candy, D. Gans et I. Nikoloff (fig. 195 et 196) ; à l'Observatoire de Cordoba, en Argentine, par Z. M. Pereyra et J. J. Rodriguez ; au Chili dans les stations de Cerro Calan et Cerro el Roble.

La comète, poursuivant sa course en direction de notre hémisphère, a traversé successivement les constellations suivantes : le Toucan, la Grue, le Poisson Austral et le Verseau où elle atteignit son périhélie. Son ascension droite est alors passée par un minimum et son trajet s'est infléchi en direction du nord-est, l'ascension droite allant alors constamment en augmentant. Le 25 mars, la comète atteignait l'hémisphère nord (fig. 197 et 198).

Voici, résumées, quelques observations effectuées alors que la comète se trouvait encore dans l'hémisphère austral. A Cordoba, le 13 janvier, elle était estimée de magnitude 7,7 et le 15 de magnitude 7,5. Pereyra trouvait une queue de type I, c'est-à-dire sensiblement rectiligne, et de 25' de longueur. Les 20 et 21 janvier, il constatait une augmentation d'éclat avec les magnitudes 7,0 et 6,8. Des photographies obtenues un peu plus tard, les 29 et 30 janvier à l'Observatoire de Perth, montraient une queue d'au moins 1°. La comète se trouvait à ce moment-là à plus de 150 millions de kilomètres du Soleil. Elle se rapprochait à la fois de la Terre et du Soleil. Vers cette époque, d'autres photographies, prises à la station de Bosque Alegre par Pereyra et Rodriguez, mettaient en évidence une enveloppe parabolique entourant la condensation centrale. Dans les premiers jours de février la queue atteignait 2° de longueur.

De meilleurs éléments furent alors calculés par B. G. Marsden à partir de 68 positions précises mesurées entre le 30 décembre et le 12 février. Aucun des résidus ne dépassait 2". Le mouvement s'écartait suffisamment du mouvement parabolique pour qu'on puisse aboutir à une orbite elliptique. Le plan de cette orbite est perpendiculaire au plan de l'écliptique. L'excentricité est égale à 0,996 ; elle est donc voisine de l'unité. La distance périhélie est de 0,54 unité astronomique, ce qui correspond à quelque 80 millions de kilomètres. Ces données permettent de calculer le demi-grand axe et la période, mais celle-ci, peut-être voisine de 1 600 ans, est encore très incertaine. Il faudra améliorer l'orbite en utilisant un plus grand nombre d'observations donnant des positions réparties sur un arc de trajectoire plus long pour en déduire une période valable.

Dans le courant de février, alors que la déclinaison était de — 50° environ, nous avons recueilli les estimations d'éclat faites par deux amateurs australiens, S. C. McMillan et V. L. Matchett, qui se servaient de jumelles binoculaires 7 × 50 : 5,3 le 15 et 4,9 le 21 février, observations gênées d'ailleurs par la clarté lunaire. On voit donc l'éclat augmenter au fur et à mesure que la comète s'approche du Soleil dont l'action sur le noyau se fait de plus en plus intense. Deux observations par Rodriguez et Pereyra, les 18 et 21 mars, encadrent l'instant du passage au périhélie avec la magnitude 0,5. Seki, observateur de comètes bien connu et qui en a découvert plusieurs, a même trouvé la valeur — 0,5 un jour et demi plus tard.

A cette époque plusieurs observateurs signalaient une queue de poussière incurvée, du type II, visible sur les photographies prises au prisme-objectif

COMÈTE BENNETT (1969 i)

et sur des photographies directes. L'une de ces dernières, obtenue par K. J. Sterling le 22 mars, avec une pose de 20 minutes, montrait la queue gazeuse du type I, presque aussi brillante que la queue de poussière et pouvant être suivie sur près de 20° . K. Simmons, de Jacksonville, en Floride, a mesuré le diamètre angulaire de la tête le 25 mars. Il était de $5'$ tandis que la condensation centrale entourant le noyau avait un diamètre beaucoup plus petit, compris entre $0',2$ et $0',4$. Le 25 mars, la distance de la comète à la



Fig. 199. — Comète Bennett (1969 i) le 4 avril 1970.

Pose 6 m 30 s. Observatoire de Meudon : télescope Schmidt de 40 cm d'ouverture (émulsion IIaO, filtre Wratten 3). Une partie de la queue est détachée du reste.

Terre était de 0,69 unité astronomique, soit 104 millions de kilomètres. A cette distance, un diamètre de $5'$ représente un diamètre linéaire de 150 000 kilomètres. Cette valeur caractérise habituellement les belles comètes. Ainsi, la tête de la comète Arend-Roland 1957 III avait un diamètre de 300 000 kilomètres. La comète Mrkos 1957 V avait une tête de $6'$ alors que sa distance géocentrique était voisine d'une unité astronomique, ce qui correspond à un diamètre du même ordre. On calcule facilement que la queue de 20° trouvée par Sterling le 22 mars, suivie peut-être jusqu'à sa valeur extrême, avait une longueur de 38 millions de kilomètres.

D'excellentes photographies ont été prises à l'Observatoire de Perth par Harris, Candy, Nikoloff et Harwood du 9 au 22 mars avec l'astrographe de

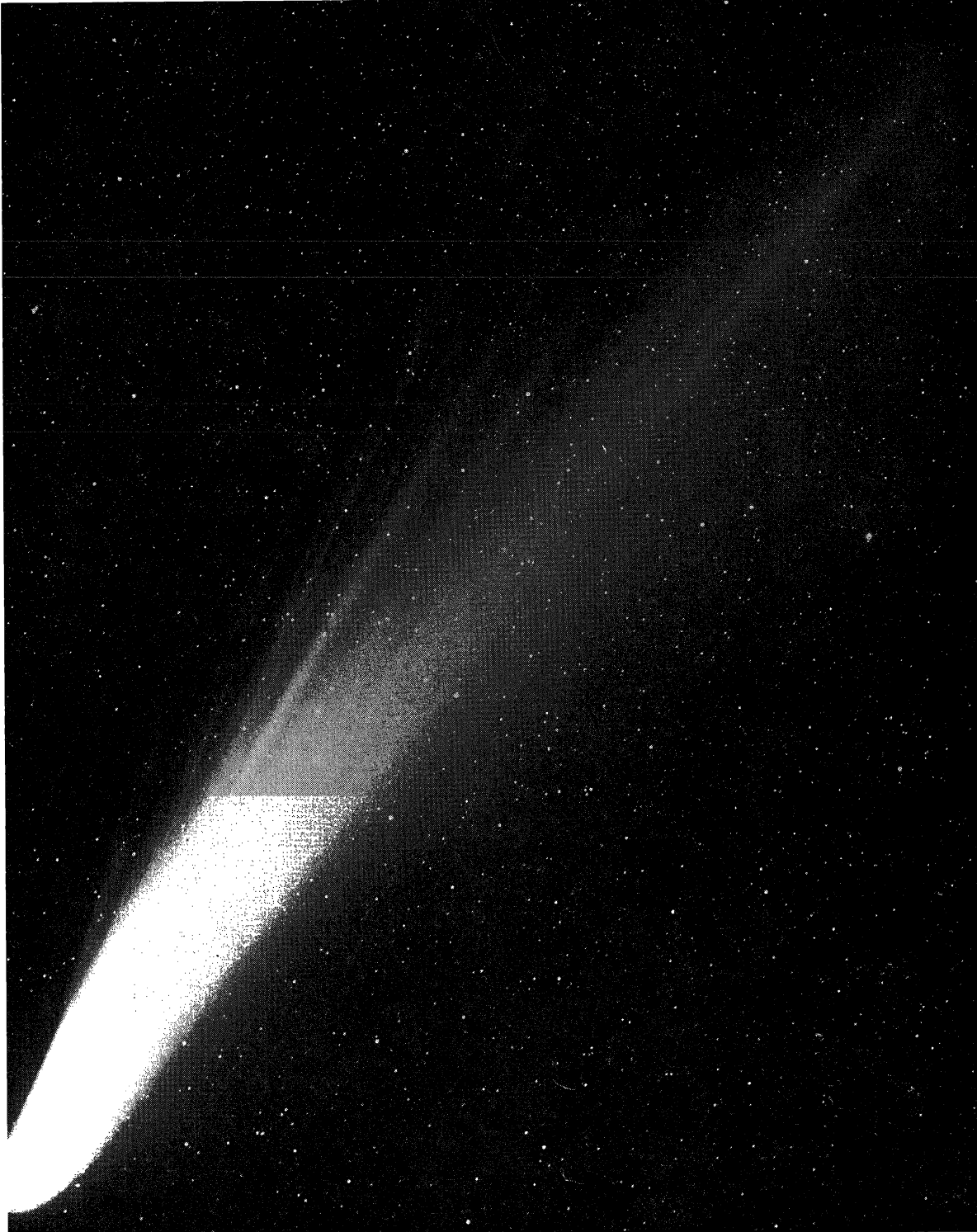


Fig. 200. — Comète Bennett (1969 i) le 2 avril 1970.

Pose 5 m. Observatoire de Haute-Provence : télescope Schmidt de 30 cm d'ouverture (émulsion 11a0).

33 cm d'ouverture. Une grande activité se manifestait dans la queue gazeuse où de fins détails apparaissaient et disparaissaient, notamment les 16, 20 et 21 mars (fig. 196). Des observations spectroscopiques ont également été effectuées avant le passage au périhélie.

Rappelons à ce sujet que les éléments, molécules et radicaux, trouvés dans les comètes se répartissent différemment suivant la partie observée,

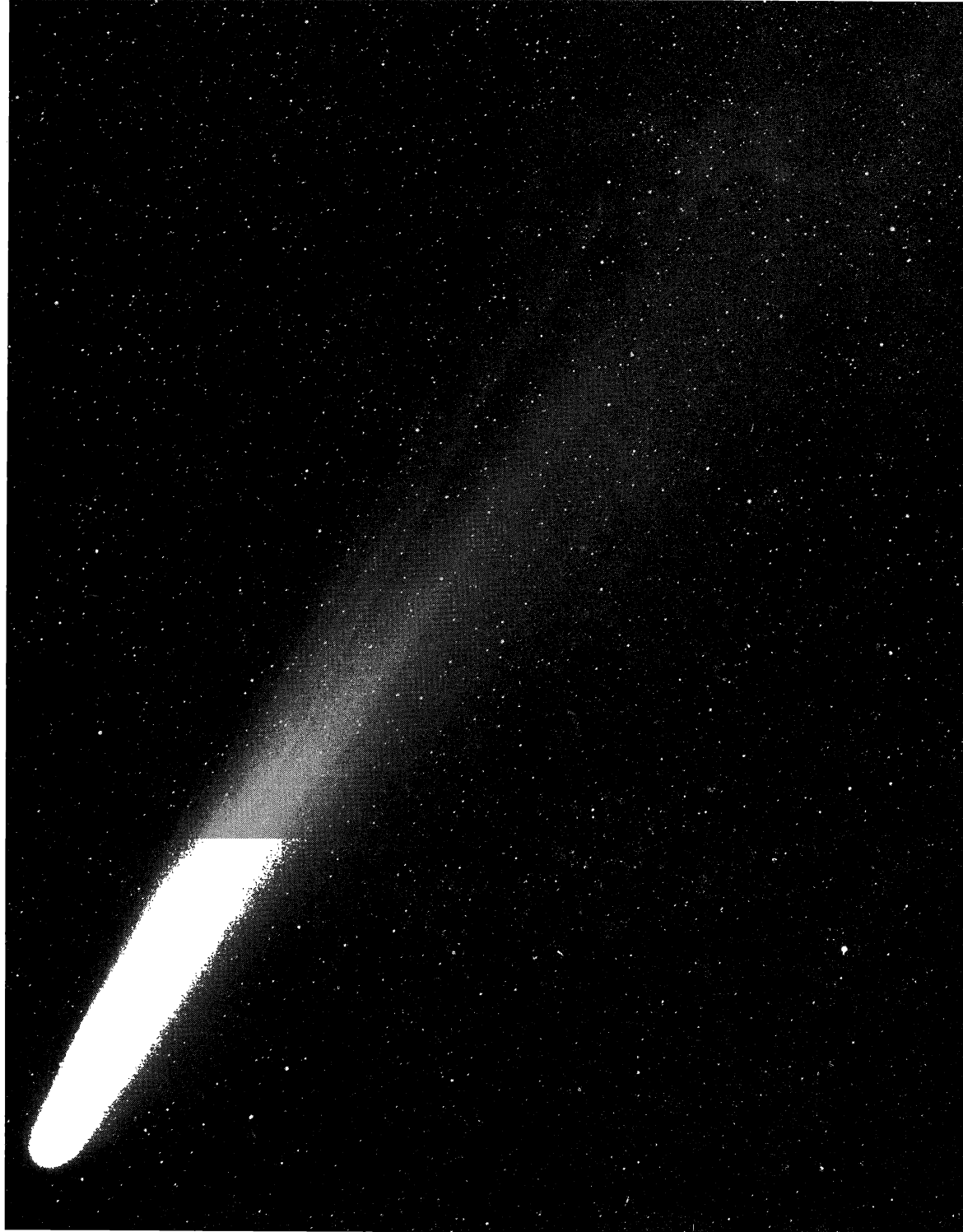


Fig. 201. — Comète Bennett (1969 i) le 5 avril 1970.

Pose 9 m. Observatoire de Haute-Provence : télescope Schmidt de 30 cm d'ouverture (émulsion IIaO).

c'est-à-dire traversée par la fente du spectrographe. Les émissions de la tête sont dues à CN, C₂, C₃, CH, OH, NH, NH₂, Fe, OH⁺, CH⁺ et Na, ces trois dernières émissions pouvant s'étendre au début de la queue. Par contre C₃, qui donne le groupe d'émissions à 4 050 Å, reste confiné au voisinage du noyau. La queue de type I, dite aussi queue gazeuse, contient des molécules diatomiques et triatomiques ionisées : CO⁺, CO₂⁺ et N₂⁺. La plupart

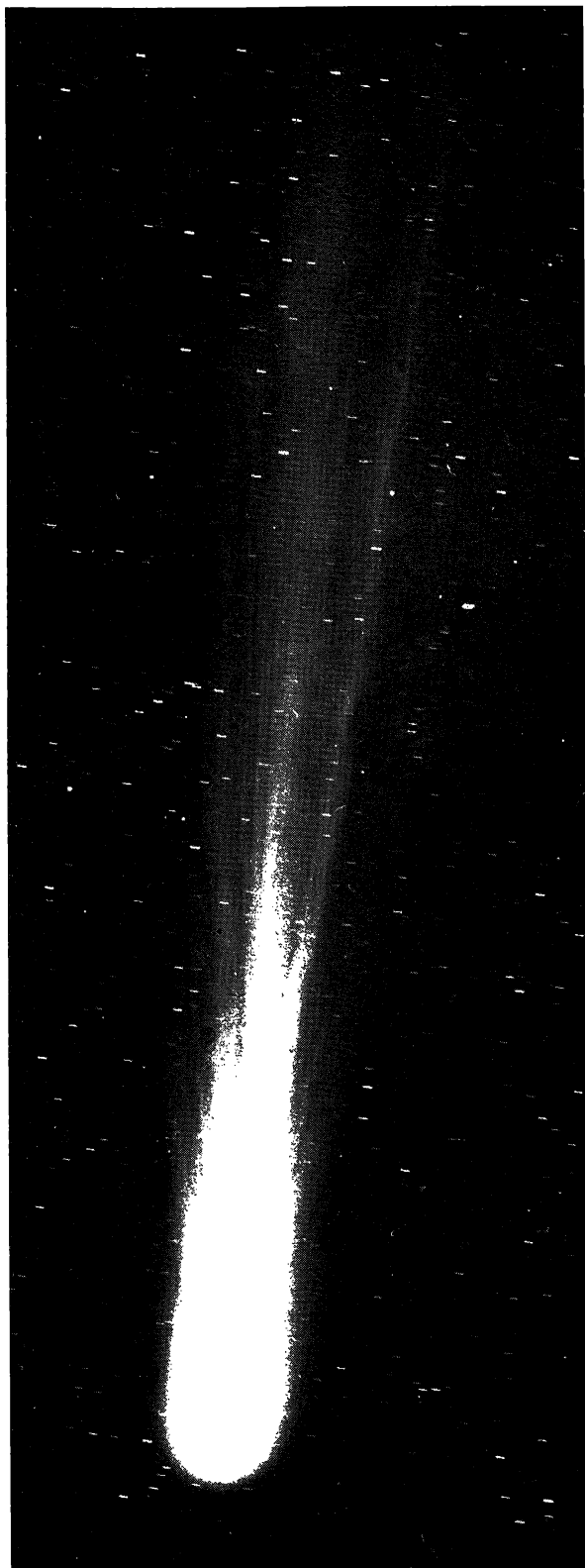


Fig. 202. — Comète Bennett (1969 i) le 15 avril 1970.

Pose 15 m. (émulsion 103aO, filtre UG2). Observatoire d'Asiago (Italie). Télescope Schmidt de 67 cm d'ouverture.

des émissions sont présentes sous forme de bandes complexes et leur intensité varie d'une comète à l'autre et, pour une même comète, suivant la distance au Soleil. Ces émissions sont superposées à un fond continu dont l'intensité est variable suivant les comètes et qui est dû à la diffusion de la lumière solaire par les poussières entourant le noyau. Le fond continu, intense pour certaines comètes comme la grande comète 1948 XI, est presque inexistant pour d'autres, ce qui facilite alors l'étude de la structure des bandes d'émission.

F. Dossin, à l'Observatoire Européen Austral, qui se trouve à la Silla, au Chili, a obtenu dès le début de mars de très bons spectrogrammes avec une dispersion de $20 \text{ \AA/mm}$ dans le rouge et le bleu et une dispersion de $12 \text{ \AA/mm}$ dans le bleu, avec le spectrographe coudé du télescope de 152 cm d'ouverture. Il a constaté la présence de poussières à la fois dans la tête et dans la queue. Avec le même instrument, il avait déjà observé la comète Tago-Sato-Kosaka entre le 26 décembre 1969 et le 19 janvier 1970 et il avait découvert de nouvelles raies qui n'avaient pas encore été signalées dans les comètes. Ces raies se trouvent dans la bande de CN à $3\,883 \text{ \AA}$ et correspondent à

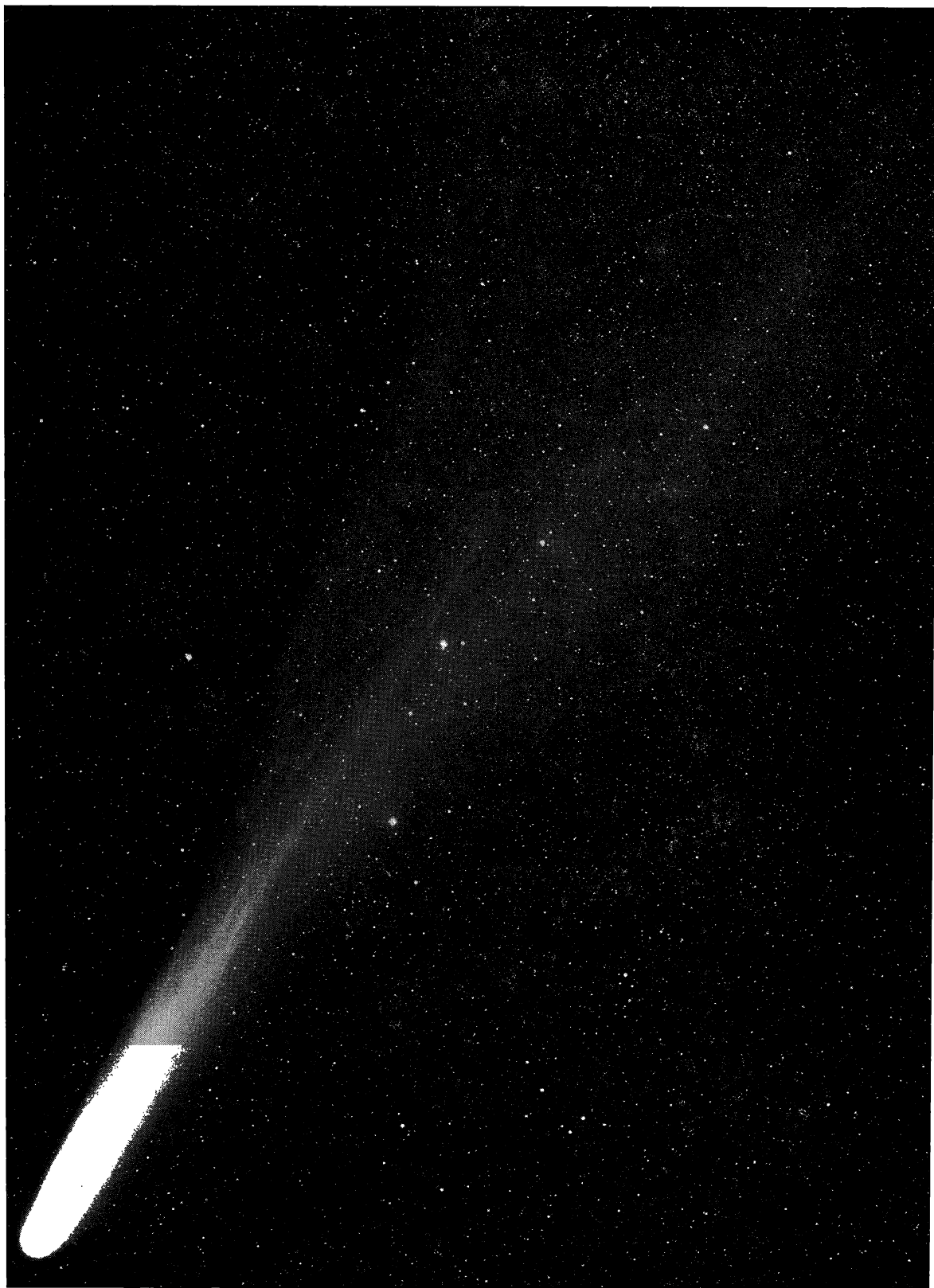


Fig. 203. — Comète Bennett (1969 i) le 9 avril 1970.

Exposé 9 m. Observatoire de Haute-Provence : télescope Schmidt de 30 cm d'ouverture (émulsion IIaO).

la transition de vibration (I-I) de ce système. F. Dossin les a retrouvées dans le spectre de la comète Bennett.

Dans l'hémisphère Nord, la comète, après avoir quitté le Verseau, a traversé les constellations de Pégase et d'Andromède. Elle se trouve actuellement ⁽¹⁾ dans Cassiopée, visible le matin avant l'aube dans notre ciel du nord-est. Les mesures de positions précises ont été poursuivies, bien entendu, notamment par notre collègue B. Milet avec l'astrographe double de l'Observatoire de Nice. L'ensemble de toutes les mesures sera utilisé pour le calcul de l'orbite définitive.

Quant aux observations astrophysiques, elles ont été fort nombreuses et je ne puis que les résumer. La plupart ne sont pas encore publiées. Le temps était très défavorable au début des observations entreprises par l'équipe de Meudon. Nous avons pu cependant obtenir 11 photographies avec le télescope Schmidt de 40 cm d'ouverture les 2, 4, 10, 13, 16 et 17 avril avec des poses allant jusqu'à 17 minutes (fig. 199 et 204). Sur certaines de ces photographies, la queue atteint 5° et le diamètre de la tête 5'. Des filaments lumineux sont visibles dans la queue gazeuse alors que la queue de poussière ne montre pas de structure particulière.

L'un des clichés, pris le 4 avril, montre un fort accident survenu sur la queue dont la partie nord-est apparaît détachée du reste en un point situé à un peu plus d'un degré de la tête (fig. 199).

Toute une série de photographies ont été prises à l'Observatoire de Haute-Provence dans le courant d'avril avec le télescope Schmidt de 30 cm d'ouverture (fig. 200, 201, 203 et 205). Certaines montrent un grand nombre de rayons issus de la tête et largement écartés qui peuvent contenir de fins filaments plus ou moins sinueux. D'autres photographies, ne concernant que la tête, ont été prises par MM. Ch. Fehrenbach et D. Malaise (Institut d'Astrophysique de Liège), quand la qualité des images le permettait, au télescope de 152 cm d'ouverture avec une distance focale de 45 m. Elles sont particulièrement remarquables. On y distingue, partant de la région nucléaire, des structures brillantes dissymétriques en « fontaines », analogues à celles que dessinaient dans les grandes comètes les observateurs du siècle dernier (voir la couverture). On peut signaler, à ce sujet, que J. E. Bortle, de Mount Vernon, dans l'État de New-York, qui observait la comète Bennett le 28 mars, avait reconnu une telle structure qu'il jugeait comparable à celle de la comète Tebbutt (1861 II) représentée dans les dessins de Secchi et de Schmidt.

Les observations spectrographiques au même télescope de l'Observatoire de Haute-Provence ont été conduites par MM. Fehrenbach et Malaise et par M^{me} Andrillat ⁽²⁾. Les spectrogrammes avec des dispersions de 7 et 12 Å/mm montrent, d'après cette dernière astronome, des résolutions de bandes jamais atteintes pour les comètes. La bande (0-0) de CN à 3 883 Å est parti-

⁽¹⁾ En avril 1970.

⁽²⁾ Voir aussi *L'Astronomie* de juin, page 257.



Fig. 204. — Comète Bennett (1969 i) le 16 avril 1970 (ci-dessus).

Pose 17 m. Observatoire de Meudon ; télescope Schmidt de 40 cm d'ouverture (émulsion IIaO, filtre Wratten 3).

Fig. 205. — Comète Bennett (1969 i) le 16 avril 1970 (ci-dessous),

Pose 9 m. Observatoire de Haute-Provence ; télescope Schmidt de 30 cm d'ouverture (émulsion IIaO).



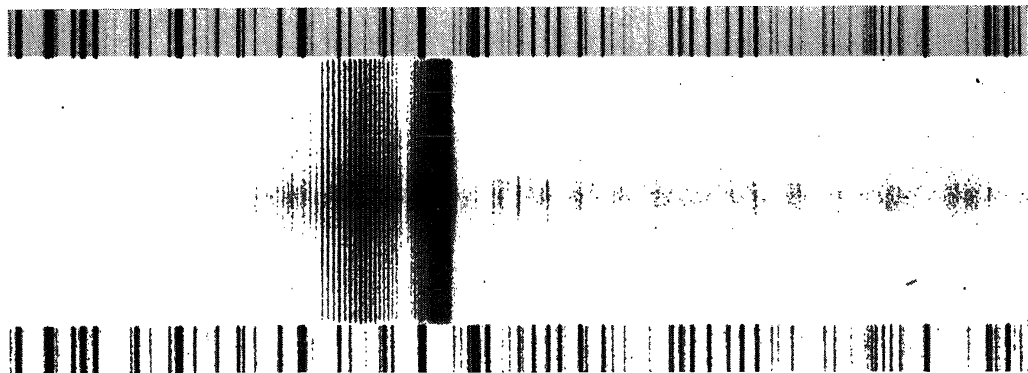


Fig. 206. — Spectre de la comète Bennett (1969 i). Bande de CN à 3 883 Å, très intense et finement résolue.

Observatoire de Haute-Provence : spectrographe coulé du télescope de 152 cm d'ouverture. (De part et d'autre : spectre de comparaison du fer.)

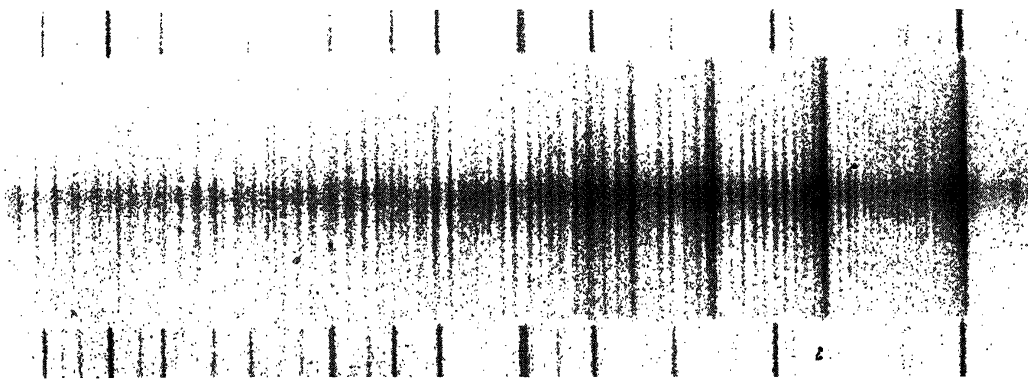


Fig. 207. — Spectre de la comète Bennett (1969 i). Bande de C₂ à 4 747 Å. La tête de la bande est la première émission à partir de la droite.

Observatoire de Haute-Provence : spectrographe coulé du télescope de 152 cm d'ouverture. (De part et d'autre : spectre de comparaison du fer.)

culièrement remarquables à ce sujet (fig. 206). Les bandes de Swan de C₂ sont intenses (fig. 207) alors que celles de C₃ à 4 050 Å sont à peine visibles. Les bandes de NH à 3 340 Å et de NH₂ à 6 620 Å sont fortes. OH est absent. Les raies du sodium sont très fortes. Quant au fond continu, il est extrêmement intense. L'étude plus approfondie de ces spectres permettra l'énoncé de résultats quantitatifs détaillés.

De belles photographies nous ont été aimablement communiquées par le Professeur L. Rosino, directeur de l'Observatoire d'Asiago (Italie) (fig. 202). L'étude photographique et spectrographique de la comète Bennett a été entreprise dans cet observatoire par P. L. Bernacca, A. Mammano et K. Wurm, à partir du 28 mars, en utilisant le Schmidt de 67 cm d'ouverture et le télescope de 122 cm. Les premiers résultats sont les suivants : la queue de type I variait fortement de jour en jour, ce qui indique une production très irrégulière de l'ion CO⁺. Des photographies prises le 3 avril montraient cette queue séparée de la tête par une lacune d'une longueur évaluée à 65'. Il s'agit du même accident que celui de notre cliché du 4 avril (fig. 199). Deux

COMÈTE BENNETT (1969 i)

spectrogrammes ont été pris dans l'infrarouge jusqu'à $10\,830\text{ \AA}$ faisant apparaître la bande (0-0) du système de CN dont la tête est à $9\,148\text{ \AA}$ (fig. 208).

Je terminerai en parlant des premiers résultats obtenus par MM. J.-L. Bertaux et J. Blamont à l'aide d'une méthode toute nouvelle qui avait été essayée sur la comète Tago-Sato-Kosaka. Elle a conduit, pour la comète Bennett, à la découverte inattendue d'un énorme nuage d'hydrogène atomique qui l'entoure complètement.

Il s'agit d'une technique spatiale, l'appareil employé étant un photomètre monochromatique placé à bord d'un satellite artificiel de la NASA, le OGO 5 (Orbiting Geophysical Observatory), le cinquième de sa série, engin de 610 kg lancé du Cap Kennedy le 4 mars 1968. Signalons, d'après les informations de

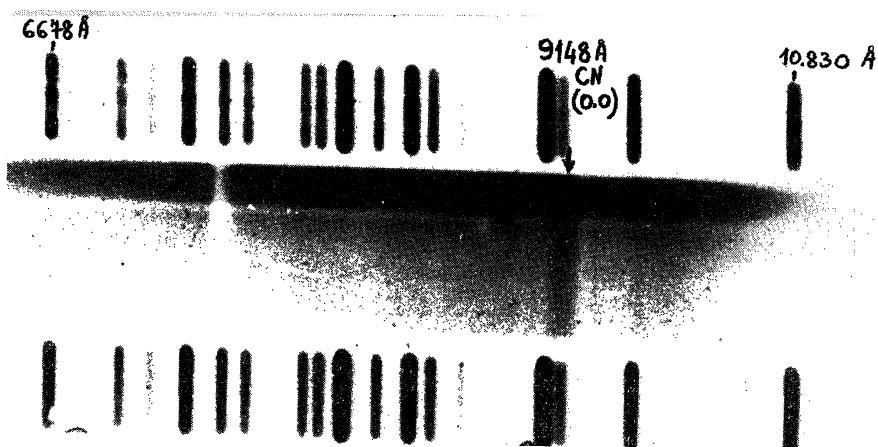


Fig. 208. — Spectre infrarouge de la comète Bennett (1969 i).

Observatoire d'Asiago (Italie), le 29 mars 1970. Dispersion $400\text{ \AA/mm}$ à $8\,000\text{ \AA}$. Fente : largeur $40\text{ }\mu$, longueur $1'$. Queue vers le bas. Carnegie Image Intensifier + S1. (De part et d'autre : spectre de comparaison.)

la NASA, que six satellites ont été lancés entre 1964 et 1969 avec plus de 130 expériences entreprises ayant fourni des données scientifiques sur plus d'un million et demi d'heures. Le photomètre porté par OGO 5 avait une bande passante de $\pm 40\text{ \AA}$ autour de la longueur d'onde $1\,216\text{ \AA}$ qui est celle de la première raie de l'hydrogène neutre $\text{Ly-}\alpha$ dans la série de Lyman, dans une région spectrale inaccessible aux instruments restant au sol.

L'appareil comportait, placé devant le miroir sphérique d'un spectrographe à réseau, un miroir plan incliné, de 64 cm^2 de surface utile, percé d'un trou central pour laisser passer la lumière réfléchie et télécommandé à partir du centre de la NASA, à Greenbelt. Tandis que le satellite tournait autour de son axe dirigé vers le Soleil à raison d'un tour en 30 minutes environ, le miroir plan orienté vers la comète se déplaçait angulairement selon 60 pas espacés de $30'$, de sorte que l'instrument pouvait balayer la comète et son environnement. Le récepteur était un photomultiplicateur à cathode de bromure de potassium.

Pendant les trois jours de l'expérience, qui a eu lieu au début d'avril, la

comète Bennett se trouvait à 37° du Soleil, avec une distance héliocentrique de 0,6 unité astronomique et une distance géocentrique de 0,7 unité astronomique. Le satellite avait un apogée à 132 000 kilomètres et un périégée à 17 000 kilomètres de la Terre. L'instrument a mis en évidence une émission de Ly- α très étendue dont l'intensité dépassait largement celle du fond du ciel et qui englobait la comète, y compris la queue entière. Cette intensité allait en augmentant de l'extérieur jusqu'au voisinage de la tête où elle atteignait une valeur de 24 kilorayleighs (fig. 209).

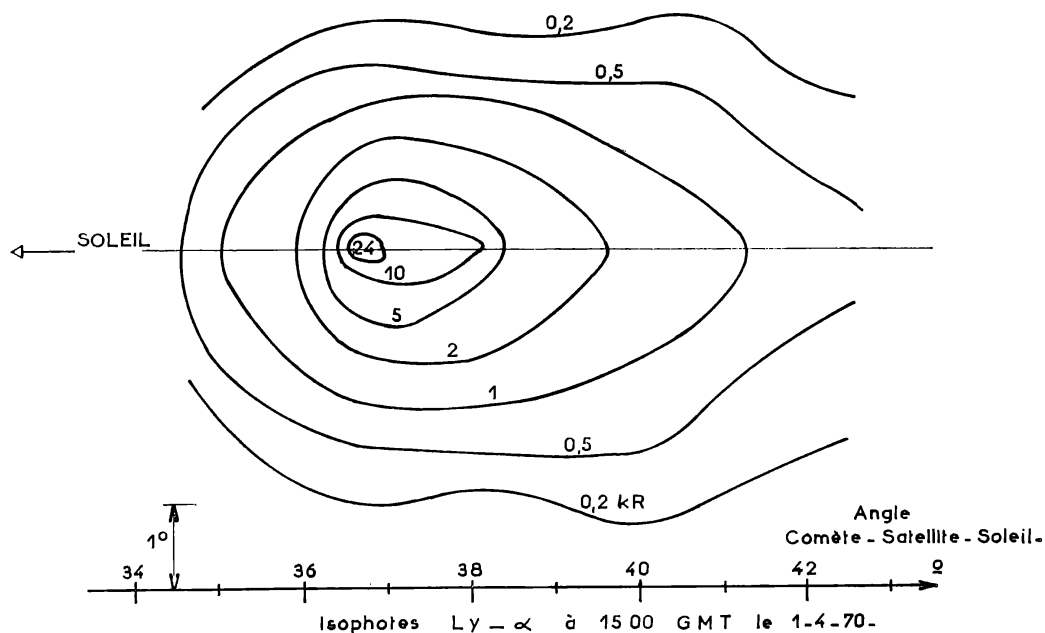


Fig. 209. — Isophotes en Ly- α enregistrées le 1 avril 1970 autour de la comète Bennett (1969 i) par le photomètre placé à bord du satelliteOGO 5 (expérience Bertaux-Blamont). Les intensités sont indiquées en kilorayleighs (kR).

En fait, l'enveloppe d'hydrogène émissive, invisible de la Terre, possédait un diamètre voisin de 13 millions de kilomètres, dix fois plus grand que celui du Soleil. La masse d'hydrogène a été estimée, en première approximation, à 2 millions de tonnes environ, valeur considérable bien entendu, mais qui ne représente que le millionième de la masse moyenne d'un noyau cométaire qui est, d'après N. Richter, de l'ordre de 10^{12} tonnes. Une observation analogue faite sur la comète Tago-Sato-Kosaka avait déjà fourni l'indication d'un nuage analogue. Il semble aux auteurs de cette expérience que la présence d'un nuage d'hydrogène soit une constante du phénomène puisqu'elle a été constatée les deux seules fois où l'observation a été possible.

Il est évident que cette découverte va soulever d'importants problèmes, notamment celui de la provenance d'un tel nuage, problème intimement lié aux recherches sur l'origine des comètes.

