

## 15. COMMISSION POUR L'ETUDE PHYSIQUE DES COMETES

PRÉSIDENT: M. F. BALDET, *Astronome titulaire de l'Observatoire de Paris, Section d'Astrophysique, Meudon, Seine-et-Oise, France.*

MEMBRES: MM. Bobrovnikoff, P. Bourgeois, Dufay, McKellar, Minkowski, Öhman, S. V. Orlov, Quénisset, Struve, Swings, Van Biesbroeck, Vorontsov-Velyaminov, Vsekhsvyatsky.

Les travaux effectués en physique cométaire depuis le Congrès de l'U.A.I. en 1938, ont apporté une notable contribution à la connaissance de la constitution de ces astres et des phénomènes dont ils sont le siège. Nous allons résumer très brièvement ceux dont nous avons pu avoir connaissance, une partie des publications étrangères ne nous étant pas encore parvenue. Certains répondent directement aux suggestions et recommandations formulées au dernier Congrès.

### PHOTOMÉTRIE

La Commission avait mis à l'ordre du jour la photométrie des comètes et l'étude des méthodes pratiques pour la détermination de leurs magnitudes.

Un très important travail a été effectué par l'un des membres: N. T. Bobrovnikoff (*Contr. Perkins Obs.* Nos. 15, 16, 19, 1941, 1942, 1943) qui a réuni 4447 observations photométriques visuelles effectuées sur 45 comètes, par 160 observateurs, depuis celle de Donati (1858 VI) jusqu'à la comète Finsler (1937 f) et les a discutées et réduites. Les valeurs des magnitudes globales estimées visuellement par divers observateurs, au même moment, diffèrent souvent de une magnitude et parfois davantage. L'auteur a pu déterminer les différentes causes d'erreur, telles que l'ouverture de l'instrument, la méthode de comparaison des étoiles et de la comète, l'effet du fond du ciel, les conditions météorologiques, l'absorption différentielle de la lumière, etc. Les valeurs finalement adoptées pour les magnitudes réduites montrent une amélioration des erreurs moyennes s'élevant à 28%.

La formule photométrique convenant le mieux pour représenter les observations en fonction de la distance  $r$  au Soleil et de la distance  $\Delta$  à la Terre est, en même temps, la plus simple:

$$J = \frac{J_0}{\Delta^{2n} r^n}.$$

La valeur pondérée de l'exposant  $n$  a été trouvée égale à  $3,32 \pm 0,16$  pour l'ensemble des observations. Mais les écarts entre les différentes comètes sont importants: les valeurs de  $n$  varient de  $-1,77$  à  $11,40$ . Des variations périodiques de l'éclat ont été mises en évidence dans 30 comètes avec des périodes comprises entre 12 et 600 jours. L'amplitude de la variation semble liée à la période, et il existe également une corrélation entre l'éclat absolu des comètes et leur période de variation. Il n'a pas été trouvé de diminution progressive de la lumière des comètes due à leur désintégration.

Cette étude d'ensemble a été complétée par une série de 708 observations photométriques de la comète 1942 g, avec six instruments différents, en vue de vérifier les résultats des recherches statistiques. L'auteur a pu ainsi démontrer qu'il était possible de faire de la photométrie visuelle avec une exactitude plus grande qu'on ne l'avait espéré jusque là.

S. K. Vsekhsvyatsky et ses collègues, après leur retour à Kiev en 1944, sont revenus aux problèmes de physique cométaire. Ils ont prolongé le Catalogue Général des magnitudes des comètes et ont achevé la détermination des magnitudes absolues de 40 apparitions cométaires entre 1880 et 1900 et de 70 entre 1910 et 1945 qui n'entraient pas dans le Catalogue Général (Notes sous presse dans les *Pub. Obs. Kiev*, no. 2 et *J. Astr.*, par S. K. Vsekhsvyatsky et V. Konopleva). Ils pensent que le Catalogue des magnitudes absolues pour toutes les apparitions observées des comètes (700) sera terminé vers la fin de 1948.

Ils ont achevé une nouvelle étude sur la loi moyenne de variation des magnitudes des

comètes. L'analyse des résultats de N. Bobrovnikoff a montré qu'un exposant de  $r$  égal à 4 était la seule valeur bien fondée.

Une théorie de la répartition des éclats dans la tête et la queue des comètes a été donnée par V. Riives (*Publ. Obs. Tartu*, 31, no. 2, 1946) en partant de la théorie de Wurm sur la photodissociation et la photoionisation des molécules. Il a étudié l'éclat des comètes 1939 *d* et 1940 *c* par une méthode photographique extrafocale. L'erreur probable est inférieure à  $\pm 0^m, 1$ .

W. Becker (*A.N.* 272, 177, 1942) a décrit une modification à la méthode photographique extrafocale habituelle. Seules les étoiles de comparaison forment leurs images sur une plaque en dehors du foyer.

F. Baldet a poursuivi ses recherches de spectroscopie et de photométrie photographique des comètes et a contrôlé les résultats sur les amas globulaires. Il a construit un microphotomètre photoélectrique spécialement adapté à la mesure de ses clichés. Les résultats seront prochainement publiés.

J. Hunaerts (*Ciel et Terre*, 60, 44, 1944) a étudié les variations d'éclat de la comète 1942 *g* en corrélation avec l'activité solaire.

F. Link (*Ann. Aph.* 11, 73, 1948) a repris la discussion des variations lumineuses de la comète Encke entre 1786 et 1947, et a trouvé qu'elle ne montrait pas de fluctuations d'éclat en relation avec le cycle solaire ni de diminution progressive jusqu'en 1905. A cette date, on constate une chute brusque de  $r^{m,5}$  à  $2^m$  environ dans la magnitude réduite. L'exposant  $n$  de la loi de variation en  $r^{-n}$  dépend de la distance au Soleil, et la comète est d'autant plus faible après le passage au périhélie qu'elle a été plus brillante avant et vice versa.

#### TRAVAUX GÉNÉRAUX

Dans un travail théorique, B. Vorontsov-Velyaminov (*Ap. J.* 104, 226, 1946) a essayé de déterminer la nature du noyau en employant diverses méthodes. L'application à la comète de Halley, qui a été suffisamment étudiée à ce point de vue, a permis à l'auteur de conclure que son noyau pouvait être regardé comme un amas de blocs météoriques dont les distances mutuelles étaient comparables à leurs dimensions. Le diamètre global du noyau serait de l'ordre de 30 km. et sa masse de  $3 \cdot 10^{19}$  gr. Les gaz de la tête et de la queue proviennent de ces blocs météoriques en raison de leur échauffement par le Soleil.

La comète Whipple-Fedtke (1942 *g*) a montré une structure complexe et changeante de la queue rappelant celle de la comète Morehouse (1908 III). De bonnes reproductions d'après les photographies de J. Junkes et A. Zirwes en ont été publiées (*Spec. Astr. Vatic., Ric. Astr.*, 1, no. 7, 1943).

La théorie des structures cométaires a fait l'objet d'un important travail de R. Coutrez: 'Etudes statistiques sur la Théorie des Comètes' (*Ann. Obs. Belg.* III, 1, sér. 3°, 1944).

S. V. Orlov a développé une nouvelle théorie physique sur la tête des comètes qui lui a permis non seulement d'analyser les observations dont on dispose, mais aussi de prévoir les dimensions et les masses des noyaux cométaires à partir des dimensions de ses enveloppes.

L'étude de S. K. Vsekhsyatsky des questions relatives à l'origine des comètes a apporté de nouveaux arguments en faveur de la théorie de l'éruption.

K. Wurm a publié un important mémoire, intitulé 'Die Natur der Kometen' (*Hamburger Mitteilungen*, 8, 1943).

#### SPECTRES

L'explication de la luminescence des comètes par un phénomène de fluorescence a été donnée pour la première fois par Schwarzschild et Kron en 1911, puis développée théoriquement par Zanstra et Wurm. Elle a reçu récemment des vérifications décisives en partant des inégalités de répartition des intensités dans les termes de rotation des bandes qui dépendent de l'absorption des raies du spectre solaire et de leurs variations sous l'influence des vitesses radiales de la comète.

La vérification en a été faite principalement par P. Swings (*Lick Obs. Bull.* **19**, 131, 1941) et par McKellar (*Rev. Mod. Phys.* **14**, 179, 1942; et *Ap. J.* **98**, 1, 1943) en admettant que l'émission des bandes de la comète est une pure résonance. Le phénomène est très sensible sur les bandes CN  $\lambda$  3883, 4216 et CH  $\lambda$  4315. La répartition des intensités le long des bandes ne correspond à aucune température précise. Cela tient à ce que la notion de température n'a plus beaucoup de signification dans des gaz aussi raréfiés.

J. Dufay (*Ap. J.* **91**, 91, 1940) a confirmé que la bande à  $\lambda$  4300 était bien due à la molécule CH comme l'avait annoncé M. Nicolet.

Les observations spectrographiques faites dans l'ultraviolet sur la comète Cunningham (1940 c) par Swings, Elvey et Babcock (*Ap. J.* **94**, 320, 1941) ont révélé l'existence de raies intenses et fines à  $\lambda$  3078–3100 qu'ils ont identifiées avec celles de la bande (0.0) de la transition  $^2\Sigma^+ \rightarrow ^2\Pi_{\text{inv}}$  de OH et un autre groupe près de  $\lambda$  3360 pouvant être identifié avec celui donné par les bandes (0.0) et (1.1) de la transition  $^3\Pi \rightarrow ^3\Sigma$  de NH.

Ces radiations sont très intenses et s'étendent loin du noyau. Dans la comète Whipple-Fedtke (1942 g), étudiée par Barbier et Chalonge à l'Observatoire de Haute-Provence avec le spectrographe à optique de quartz Arnulf-Lyot ouvert à F/2, les bandes OH s'étendent dans toute la tête. Lorsque la comète se rapproche du Soleil, les bandes de NH deviennent plus intenses que celles de OH.

Le groupe de radiations si caractéristiques situé vers  $\lambda$  4050, qu'on retrouve dans toutes les comètes près du noyau, et dont l'identification n'avait pu être faite pendant si longtemps, a été reproduit en laboratoire par G. Herzberg (*Ap. J.* **96**, 314, 1942). Il a obtenu des bandes complexes en faisant jaillir une décharge dans un tube sans électrodes parcouru par du méthane. La molécule émettrice serait très vraisemblablement CH<sub>2</sub>. Mme R. Herman (*C.R.* **223**, 281, 1946) l'a reproduit en excitant l'hydrogène fortement dilué dans une atmosphère de gaz rare par une décharge entre électrodes de carbone. Elle en a donné les longueurs d'onde et une première classification de 13 bandes du groupe.

La molécule ionisée CH<sup>+</sup> a été identifiée par Swings (*Ap. J.* **95**, 270, 1942) avec les trois radiations  $\lambda\lambda$  4231, 4238 et 4254 qui s'étendent en partie dans la queue. Elles appartiennent à la bande (0.0) de la transition  $^1\Pi \rightarrow ^1\Sigma$ . L'auteur a également indiqué la présence probable de la molécule OH<sup>+</sup> et discuté son identification.

J. Hunaerts (*B.A.B.* **9**, 320) a étudié le spectre de OH<sup>+</sup> et l'a comparé au groupe de radiations cométaires situé dans la région  $\lambda$  3560–3600. Les raies de OH<sup>+</sup> sont masquées dans les comètes par les bandes de CN et CO<sup>+</sup> et perturbées par les nombreuses raies sombres de Fraunhofer du spectre solaire, ce qui rend l'identification difficile, mais la concordance générale est bonne. Il en est de même pour les radiations de OH<sup>+</sup> situées vers  $\lambda$  4000 et qui se trouvent mêlées aux bandes de CH<sub>2</sub>.

La région visuelle du spectre des comètes avait été la moins étudiée. Swings, McKellar et Minkowski (*Ap. J.* **98**, 142, 1943) ont donné une importante liste des radiations relevées dans les comètes pour  $\lambda > 4800$ , en se basant, en particulier, sur les spectres des comètes 1940 c et 1942 g obtenus aux grands télescopes de McDonald du Mont Wilson et du Dominion Astr. Obs. La liste s'étend de  $\lambda$  4838 à 7041. Le groupe à  $\lambda$  6300 a été identifié par les auteurs avec la bande  $\alpha$  du spectre de flamme de l'oxyammoniac attribuée à une molécule polyatomique azote-hydrogène, non ionisée, très probablement NH<sub>2</sub>.

P. Swings (*Ap. J.* **95**, 270, 1942) a confirmé la présence de l'isotope C<sup>13</sup> du carbone dans les comètes. Trois bandes à  $\lambda\lambda$  4706 (3.2), 4723 (2.1) et 4745 (1.0) appartiendraient à la molécule C<sup>12</sup>C<sup>13</sup> et une à C<sup>13</sup>C<sup>13</sup>,  $\lambda$  4753 (1.0). Cette dernière identification a été contestée par McKellar (*Ap. J.* **99**, 162, 1944) dans le cas de la comète 1942 g obtenue avec une forte dispersion.

Bobrovnikoff (*Ap. J.* **99**, 173, 1944) considère comme étant définitivement établie l'existence de la bande isotopique C<sup>12</sup>C<sup>13</sup> à  $\lambda$  4744.26 qu'il a obtenue sur la comète 1940 c.

En résumé, en plus des quatre molécules CN, C<sub>2</sub>, CO<sup>+</sup> et N<sub>2</sub><sup>+</sup> connues depuis longtemps dans les atmosphères cométaires, on a eu la confirmation, depuis le dernier Congrès, de la molécule CH et la découverte des molécules OH, NH, CH<sub>2</sub>, CH<sup>+</sup>, NH<sub>2</sub> et très probablement OH<sup>+</sup> auxquelles il faut ajouter la molécule isotopique C<sup>12</sup>C<sup>13</sup> et, peut-être, C<sup>13</sup>C<sup>13</sup>. Il existe encore des groupes de radiations non identifiées.

Grâce à l'emploi de spectrographes suffisamment dispersifs, A. McKellar (*Ap. J.* **99**, 162, 1944) a obtenu, pour la première fois, la résolution de la branche R de la bande  $\lambda 3883$  du CN de la comète 1942 g en ses raies individuelles et Bobrovnikoff (*Ap. J.* **99**, 173, 1944) a photographié trois raies de la même bande dans la comète 1940 c. Ces dernières ne présentaient pas de fortes vitesses radiales.

L'étude des bandes rouges du cyanogène par A. S. King et P. Swings (*Ap. J.* **101**, 6, 1945) a montré qu'il y avait peu d'espoir de les retrouver dans les spectres des comètes si elles y sont excitées par fluorescence. En fait, les identifications antérieures obtenues sur les spectres à très faible dispersion dans le domaine voisin de 6000 Å., devraient être révisées. Une partie des radiations rouges des comètes paraît due à  $\text{NH}_2$ . Toutefois, le système rouge de CN pourrait être excité par un processus autre que la fluorescence. P. Swings (*Ann. Astroph.*, à l'impression) a effectivement montré que les bandes infra-rouges (2.0) et (3.1) de CN à  $\lambda 7906$  et  $\lambda 8106$ , observées récemment dans les comètes sont excitées par un phénomène de dissociation de molécules primaires.

#### RAPPORTS ET RECOMMANDATIONS DES MEMBRES DE LA COMMISSION

P. Swings suggère que: 1° des mesures colorimétriques et des observations spectroscopiques, si possible, soient effectuées régulièrement sur la comète Schwassmann-Wachmann I afin d'élucider ses changements brusques de luminosité. Un tel changement correspond-il à une variation de couleur? Ceci permettrait de différencier entre une éruption de poussières ou de vapeurs même si celles-ci sont polyatomiques et n'ont pas de spectre dans la région observée; 2° qu'un gros effort porte sur l'observation spectroscopique des comètes dans l'infra-rouge proche; 3° que des recherches de laboratoire soient encouragées dans les voies suivantes: spectres de  $\text{CN}^+$ ,  $\text{C}_2^+$ ,  $\text{NH}^+$ ,  $\text{CH}^{++}$  complètement inconnus, analyse de  $\text{CH}_2$  et de  $\text{NH}_2$ ; étude de  $\text{CH}_3$  (inconnu); 4° que l'on étudie le spectre de quelques comètes à très grande distance héliocentrique: les molécules polyatomiques devraient y prédominer, les distributions rotationnelles et vibrationnelles d'intensité devraient être du type 'très basse température'. Les phénomènes essentiels apparaîtraient même à très faible dispersion.

Y. Öhman attire l'attention sur la polarisation des comètes. Les bandes brillantes de leurs spectres sont plus ou moins polarisées comme il l'a constaté pour les comètes Jurlof-Achmarof-Hassel (1939 III), Cunningham (1940 c) dont le maximum de polarisation atteignit 10%, et la comète de Kock-Paraskevopoulos (1941 c) dont le spectre continu avait une polarisation s'élevant à 24%, indiquant la présence de lumière diffusée.

F. Baldet rappelle tout l'intérêt qu'il y aurait à déterminer les magnitudes photographiques des comètes par une méthode simple permettant la comparaison des résultats obtenus en différents lieux. Les résultats récents qu'il a obtenus sur la comète Bester 4 (1947 k) à Meudon, comparés à ceux obtenus à l'Observatoire de Haute Provence par M. Bacchus, montrent la nécessité de déterminer des magnitudes monochromatiques portant seulement sur des bandes bien déterminées.

F. BALDET

*Président de la Commission*

#### *Compte rendu de la séance*

PRÉSIDENT: Dr F. BALDET.

SECRÉTAIRE: Prof. P. SWINGS.

Le Président rend hommage à la mémoire de MM. Crommelin et Wilk décédés depuis la séance précédente. Il signale les raisons pour lesquelles il se pourrait que son rapport provisoire soit incomplet sur certains points et déclare qu'il recevra avec plaisir toute suggestion de modification ou addition. Sous réserve de telles modifications peu importantes, le rapport est adopté.

Le Dr Minnaert signale que les estimations de brillance des comètes devraient indiquer si la comète a été observée avant ou après le passage au périhélie. En général, une telle indication n'est pas fournie; p. ex. elle ne l'est pas dans le mémoire classique de Holetchek. Cette donnée pourrait être utile, p. ex., dans les discussions de températures de noyaux. Monsieur Minnaert attire ensuite l'attention sur le mémoire de Levin (*Russian Astronomical Journal*, 20, 48, 1943) dans lequel la loi empirique habituelle de variation de brillance  $I = I_0/\Delta^{2n}$  ( $n$  différent pour différentes comètes ou différentes longueurs d'onde)

est remplacée par  $I = \text{const.} \times e^{-\frac{L\sqrt{r}}{KT_0}}$ , où  $L$  est la chaleur de désorption,  $T_0$  une constante (environ 350) et  $K$  une constante donnée par la théorie cinétique de la matière. Cette loi représente bien les observations pour une valeur de  $L$  de l'ordre de celle que fournit la physico-chimie. Une discussion sur les bases physiques de la formule de Levin s'engage, à laquelle prennent part MM. Swings, Fehrenbach, Baldet et Mme R. Herman. Il en résulte que, quelles que soient les objections physiques possibles qu'on puisse soulever contre la théorie de Levin, une loi exponentielle du type indiqué devrait être appliquée à titre d'essai. A ce sujet, M. Swings insiste sur l'importance qu'il y aurait à faire des déterminations de magnitudes monochromatiques de comètes correspondant à des molécules déterminées (CN, C<sub>2</sub>, CH, CH<sub>2</sub>, NH<sub>2</sub>, ...) en fonction de la distance héliocentrique.

Le Dr G. Merton, Secrétaire de la Commission 20, nous informe que cette Commission nous renvoie, pour considération, la recommandation n<sup>o</sup>. 6 de la page 105 des 'Draft Reports' (voir page 229):

6. Observers are urged to provide more observations of cometary brightness, especially precise observations. There is need for improved methods; experimentation with the application of photoelectric techniques to this field is desirable.

Les informations sur la brillance sont en effet utiles aux calculateurs d'orbites. La Commission prend acte de cette recommandation.

Le Dr Swings expose, en les amplifiant, ses suggestions indiquées dans le rapport. Le Dr Öhman ajoute à sa remarque de la page 158 du rapport, que des observations de polarisation devraient être faites avec une dispersion pas trop faible. Comme on ne peut, en laboratoire, exciter par résonance des vapeurs telles que C<sub>2</sub> ou CN, les observations de comètes pourraient fournir des renseignements utiles aux physiciens.

Au nom du Dr O. Struve et au sien, M. Swings demande que la commission discute s'il ne serait pas opportun et désirable de publier un atlas de spectres cométaires typiques, contenant des spectres à dispersions diverses, avec ou sans fente, de différentes comètes à différentes distances héliocentriques, avant et après leur passage au périhélie. M. Swings expose les raisons pour lesquelles un tel atlas serait utile. La Commission s'associe maintenant à ce vœu. Elle le recommandera au Comité Exécutif en demandant une aide financière pour sa réalisation.

M. Swings signale que des recherches spectroscopiques sur des comètes récentes ont fourni quelques renseignements nouveaux sur les solides et ont mis en évidence l'excitation de certaines bandes par photodissociation.

M. Baldet fait quelques commentaires au sujet de l'origine des gaz cométaires qui pourraient ne pas provenir tous de l'intérieur du noyau mais, peut-être, être capturés par lui dans l'espace parcouru par la comète, surtout dans les régions froides de l'aphélie, ainsi que sur la constitution physique et minéralogique des noyaux. Ceux-ci restent encore la partie la moins connue et la moins accessible à l'observation directe.

M. Swings demande que les recherches chimiques et spectroscopiques sur les gaz occlus dans les météorites soient continuées et étendues. En particulier, on devrait rechercher systématiquement le NH<sub>3</sub>, qui n'est pas indiqué dans les listes existantes de gaz occlus dans les météorites, alors que sa présence dans les solides cométaires semble assurée par la présence de NH et NH<sub>2</sub> dans le spectre des comètes.

M. Fehrenbach signale qu'il reste des doutes au sujet de certaines identifications dans le domaine rouge, où NH<sub>2</sub> ne semble pas être la seule molécule participant au spectre. M. Swings est d'accord à ce sujet.