

15. COMMISSION POUR L'ETUDE PHYSIQUE DES COMETES

PRÉSIDENT: M. P. Swings.

MEMBRES: MM. Baldet, Bertaud, Beyer, Biermann, Bobrovnikoff, Bouška, Dobrovolsk, Dufay, Gething, Mme Herman, MM. Herzberg, Hunaerts, Levin, Lyttleton, McKellar, Merton, F. D. Miller, Minkowski, Minnaert, Öhman, Oort, S. V. Orlov, Poloskov, Richter, Rijves, Steavenson, van Biesbroeck, Vsekhsvyatsky, Waterfield, Whipple, Wurm.

INTRODUCTION

Le renouveau récent d'intérêt apporté aux comètes, qui se reflétait déjà dans le rapport précédent (*Trans. I.A.U.* 8, 199–204) s'est encore amplifié au cours des trois dernières années. Il s'est manifesté particulièrement par l'apparition de plusieurs importants ouvrages, par le succès du colloque international consacré à 'La Physique des Comètes' (Liège, 1952), par l'aménagement ou la préparation de nombreux instruments consacrés aux observations cométaires et par l'établissement de nouveaux programmes, certains requérant une collaboration internationale. Le moment paraît opportun pour tenter une mise au point du problème, destinée à clarifier et intensifier les projets de coopération dans ce domaine. Sauf cas exceptionnel, aucune référence antérieure à 1951 ne sera indiquée.

Parmi les exposés parus récemment, citons:

- K. Wurm, *Die Kometen* (Springer, 1954. 160 pp.). [Collection: Verständliche Wissenschaft.]
N. Richter, *Statistik und Physik der Kometen* (Barth, 1954. 142 pp.). [Voir notamment les suggestions aux pp. 111–17.]
J. G. Porter, *Comets and Meteor Streams* (Chapman and Hall, 1952. 123 pp.). [Collection: International Astrophysical Series, 2.]
R. A. Lyttleton, *The Comets and their Origin* (Cambridge Univ. Press., 1953. 173 pp.).
'La Physique des Comètes', *Mém. Soc. Roy. Sci. Liège*, 13, 1953. 389 pp. [Communications présentées au 4ème Colloque International d'Astrophysique de Liège.]
N. T. Bobrovnikoff, *Astrophysics*, éditeur A. J. Hynek (McGraw Hill, 1951), Chapitre 7 (pp. 302–57).

Paraîtront prochainement:

- P. Swings, 'Cometary Spectra', article dans *Vistas in Astronomy*, éditeur A. Beer.
K. Wurm et P. Swings, 'Cometary Physics', dans le Vol. 4 de *Solar System*, éditeur G. P. Kuiper.

Le 4ème Colloque International d'Astrophysique de Liège qui, sous la présidence de Prof. O. Struve, fut consacré à 'La Physique des Comètes' réunit plus de cinquante participants et donna lieu à trente-trois communications originales, dont trente et une furent reproduites dans le volume cité ci-dessus, auquel nous nous référons fréquemment.

En dehors des centres déjà bien connus pour l'observation ou l'étude théorique des comètes (Meudon, Kiev, Stalinabad, Harvard, McDonald, Skalnaté Pleso, Prague, etc.), on a vu apparaître de nouveaux appareillages destinés, au moins en partie, à l'observation des comètes.

A Leiden, un photomètre photoélectrique à grand angle a été construit (M. Schmidt) pour l'observation des radiations émises dans certains domaines spectraux bien définis, de façon à ce qu'on puisse connaître séparément les variations du continuum et des bandes les plus caractéristiques. Des essais encourageants ont été faits sur la comète Abell.

A Anacapri (station de l'Observatoire de Stockholm), Öhman a installé, sur un réflecteur cassegrain $f/7$ de 25 cm. d'ouverture, un spectrographe adapté à l'observation de la polarisation des bandes d'émission au moyen des franges de Savart.

S. V. Orlov⁽¹⁾ a conçu un réflecteur à ménisque, excellentement adapté à la photographie des comètes dans un champ de 17°. Un spectrographe à fente pour un réflecteur de 30 cm. a été construit de sorte que le spectre peut être obtenu en même temps que la photographie directe. Les durées d'exposition sont déterminées au moyen d'un photomètre de ciel nocturne.

Au télescope Curtis de type Schmidt $f/3.5$ (24–36 pouces) de l'Université de Michigan (échelle 97"/mm.) équipé avec 2 prismes de 4 et 6° pouvant être combinés, Freeman D. Miller poursuit le programme suivant:

(a) obtention de spectrogrammes, généralement avec les 2 prismes associés, afin d'obtenir une idée générale du spectre;

(b) si les bandes apparaissent, prise de photos directes avec des combinaisons d'émulsions photographiques et de filtres isolant les radiations d'une seule molécule (par exemple: émulsion 103 aO et filtre Schott GG5, donnant la séquence $\Delta v = +1$ de Swan; des filtres plus étroits seront employés à l'avenir);

(c) obtention de clichés extrafocaux (en couvrant une partie du champ par une épaisse lame de verre, la comète peut apparaître au foyer et les étoiles en dehors du foyer);

(d) analyse des clichés par un microdensitomètre et un isophotomètre.

Parmi les premiers clichés cométaires obtenus, les plus récents sont ceux de la Comète Abell. Nous dirons quelques mots plus loin du photomètre photoélectrique du télescope Curtis.

A l'Observatoire McDonald, le spectrographe B au foyer principal continuera à être utilisé occasionnellement pour les comètes⁽²⁾. A Liège, le télescope de Schmidt (16–24") en construction sera, en partie, consacré aux comètes.

Ce renouveau d'intérêt n'est certes pas dû à l'apparition de nouvelles comètes brillantes. Celles-ci ont brillé seulement par leur absence... Mais des conceptions nouvelles se sont fait jour et d'anciennes se sont précisées. Par l'application de la physique des plasmas, L. Biermann a renouvelé nos idées sur les mouvements et formes des queues de comètes, ainsi que sur les relations des comètes avec l'activité solaire et le géomagnétisme. Cette dernière question a acquis une importance considérable, à tel point que, bientôt, les comètes constitueront, sans doute, des corps d'essai du champ solaire. Les phénomènes physiques présents dans les comètes se sont révélés de plus en plus intéressants pour les physiciens (fluorescence, basses températures) et les physico-chimistes (radicaux libres, molécule C_3). Les vues nouvelles sur les relations des comètes avec la cosmogonie (Oort, Whipple, Kuiper, Vsekhsvyatsky, Lyttleton, etc.) ont été fructueuses.

Quoique la question concerne plutôt la commission 20, nous voulons signaler que J. Bouška⁽³⁾ a publié un catalogue des comètes observées durant la période 1936–49, continuation du catalogue de Yamamoto.

La compilation de Bouška est, en partie, identique à celle de F. Baldet⁽⁴⁾, mais il apparaît quelques différences, parfois considérables, dans les constantes des orbites, que les auteurs ou la commission 20 discuteront probablement. Nous signalons aussi que Baldet donne toujours le même nom à une comète périodique à ses différentes apparitions, au contraire de Bouška.

NOTE SUR LA RECOMMANDATION ADOPTÉE PAR L'ASSEMBLÉE GÉNÉRALE À ROME

Cette recommandation était la suivante:

La Commission attribue une grande importance à la publication d'un atlas photographique de spectres cométaires typiques. Elle exprime sa gratitude à Mr Swings qui veut bien s'occuper de la réalisation d'un tel atlas. Elle sollicite de l'U.A.I. un subside, etc.

Déjà à la réunion de Zurich (1948) la publication d'un tel Atlas avait été discutée, mais aucune résolution n'avait été prise.

‡ Des discordances particulièrement graves sont trouvées pour les comètes 19461 (Timmers), 1948III (Johnson), 1949II (Johnson), 1949VI (Shajn-Schaldach), 1949a (Johnson). Pour 19401 (P. Giacobini-Zinner) Bouška a interverti ω et Ω .

Le travail de préparation de l'Atlas a été commencé dès l'automne 1952. A l'occasion d'un séjour aux Observatoires Mt Wilson, Lick, McDonald et Yerkes, nous avons obtenu des agrandissements de tous les meilleurs spectrogrammes de comètes disponibles à ces observatoires. Dans le courant de 1953 et 1954, des contacts furent établis avec la plupart des astronomes ou institutions qui pouvaient détenir d'autres spectrogrammes cométaires. Le programme général consistait à illustrer, dans l'Atlas, les aspects de spectres cométaires à différentes dispersions, avec et sans fente, dans les diverses régions spectrales; les variations avec la distance héliocentrique; la distribution des émissions au sein de la tête et de la queue; l'effet de la distance périhélique, de l'âge, etc. En 1954 le programme fut soumis à tous les membres de la Commission, leurs conseils furent sollicités et leur coopération demandée. Le président eut la grande satisfaction d'obtenir l'aide efficace de presque tous les membres de la Commission. Au total, des agrandissements de plus de 300 spectrogrammes, correspondant à 36 comètes, ont été mis à notre disposition. Pour chacun d'entre eux, on a calculé la distance héliocentrique r et la vitesse radiale dr/dt ; on a aussi réuni les données d'intérêt physique existantes (M_0 , n , orbite). Des agrandissements sur papier ont été effectués pour la plupart des spectres et les premières planches ont été préparées. Depuis le 1er mars 1954 nous avons pu disposer de l'assistance efficace de Monsieur Leo Haser, de l'Université de la Sarre. Il est probable que les planches définitives de l'Atlas pourront être présentées lors du Congrès de Dublin, mais le texte et les tables ne seront, sans doute, pas encore imprimés.

La réussite éventuelle de cette entreprise sera due à la collaboration efficace de toute la commission. Plusieurs collègues ont tenu à donner leur support moral énergique à la réalisation et la publication de l'Atlas et nous ont écrit dans ce sens.

Les spectres réunis à Liège sont à la disposition de tous nos collègues qui peuvent s'adresser à nous pour en obtenir des copies; un catalogue complet en sera dressé dans la courant de 1955.

DÉCOUVERTE, DIMENSIONS, ASPECT, STRUCTURE

Découverte

Le plus grand nombre de découvertes par la méthode visuelle est l'apanage du groupe tchécoslovaque. Madame Pajdušáková-Mrkosová⁽⁵⁾ a montré qu'en moyenne, la découverte d'une nouvelle comète requérait 200 heures d'observation dans de bonnes conditions météorologiques, au site de Skalnaté Pleso (1778 m.), en employant une jumelle Somet-Binar de 10 cm. de diamètre, 45 cm. de distance focale, un grossissement 25 et un champ de 10 degrés carrés. F. Link⁽⁶⁾ a, d'ailleurs, fait remarquer que l'on découvre plus de comètes pendant les cycles solaires pairs que pendant les cycles impairs (rapport 4:3), probablement à cause de l'influence de l'activité solaire sur les conditions atmosphériques terrestres.

Plusieurs comètes ont été découvertes photographiquement au télescope Schmidt du Palomar et au 20 pouces du Lick au cours de campagnes systématiques de photographie du ciel dans d'autres buts.

Dimensions (noyau, tête)

Bien des confusions ont surgi en ce qui concerne les 'dimensions des comètes'. Lorsque Lyttleton⁽⁷⁾ parle du changement de la 'dimension de la comète' le long de son orbite, il s'agit essentiellement du noyau † qui, dans la conception de Lyttleton (voir plus loin) est un essaim de petits solides. Dans un tel essaim, la distribution des particules varie, celles-ci se concentrant plus vers le centre aux environs du périhélie. La 'comète' paraît donc se contracter au périhélie.

En revanche, les mesures de diamètre par N. T. Bobrovnikoff ou par M. Beyer con-

† On commet bien souvent aussi des erreurs en parlant du 'noyau' d'une comète et de ses dimensions 'observées': la condensation d'aspect stellaire souvent observée n'est pas nécessairement à identifier avec le noyau solide.

cernent la tête. Dans ce cas, la chose est encore bien vague! Le rayonnement de la tête est la somme des rayonnements émis par une variété de molécules, plus un spectre solaire réfléchi. Le diamètre d'une tête en λ_{4314} (CH), λ_{4050} (C_3) ou λ_{6300} (NH_2) est très petit comparé aux diamètres en λ_{3880} (CN) ou λ_{5165} (C_2). La différence bien connue d'aspect des images en lumières monochromatiques différentes a été particulièrement bien illustrée récemment par K. M. Yoss⁽⁸⁾ qui a tracé les isophotes dans le bleu et le rouge pour la comète périodique Schaumasse et pour la comète 1950*b* (Minkowski).

Comme les contributions relatives des diverses molécules (et celle des solides comparativement aux gaz) varient avec la distance héliocentrique r , l'intégration visuelle ou photographique a un effet complexe. De plus, la détermination du diamètre d'une tête, qui n'a pas de limite bien nette, surtout dans le rayonnement de CN ou C_2 , est difficile en soi. La caractéristique physique essentielle est plutôt la distribution d'éclat au sein de la tête. Des observations ont été faites récemment dans cette voie, notamment par Yoss (voir plus haut), ainsi qu'à l'Observatoire de Kiev (V. P. Konopleva et Effremova). On conçoit que la mesure brutale du diamètre dépendra de la transparence et de la luminosité du ciel, du crépuscule (difficultés spéciales pour les comètes proches du soleil), de la hauteur au-dessus de l'horizon. Des diamètres différents pourront être obtenus avec des télescopes différents, ou bien suivant que les observations sont effectuées visuellement, photographiquement ou photoélectriquement. Si, comme l'ont fait William Liller et K. M. Yoss⁽⁸⁾ au télescope Curtis (photomètre de Liller), on laisse circuler l'image de la tête sur un photomètre photoélectrique, on trouve que cette tête s'étend beaucoup plus loin que ne le révèle la photographie (résultat analogue à celui obtenu pour certaines nébuleuses).

Quoiqu'il en soit, M. Beyer (non publié) a essayé de minimiser les difficultés et sources d'erreur en se limitant à ses mesures visuelles aussi homogènes que possible. Après discussion de ses 885 mesures de la période 1932-53, il en a gardé 139 de 46 comètes pour r variant de 0.4 à 3.8 U.A. Il a trouvé ainsi que le diamètre de la tête croît lorsque r diminue de 3.8 à 1.65 où la valeur maximum est atteinte; le diamètre décroît ensuite.

Un résultat assez semblable est obtenu par N. T. Bobrovnikoff (non publié) qui a discuté 8000 mesures relatives à 300 comètes, dont 100 sont des retours de comètes périodiques; il a, en fait, envisagé 200 comètes différentes. Bobrovnikoff trouve une augmentation lente du diamètre quand r décroît de 4.2 à 1.4 U.A., où un maximum est atteint.

Sur la base des mesures (très critiquées!) de la comète d'Encke effectuées par B. Valz en 1838, certains auteurs continuent à répéter que le diamètre de la tête d'une comète varie proportionnellement à r^3 . Les discussions de Bobrovnikoff et de Beyer montrent qu'il n'en est rien. Quant à savoir si la variation, en fonction de r , du diamètre de la tête, dans la conception vague actuelle de ce diamètre, est compatible avec nos idées physiques sur la formation, l'excitation et la dissipation des gaz (ou poussières) cométaires, c'est là une question plutôt stérile. Ce qu'il nous faudrait, ce sont des déterminations photométriques en lumière monochromatique (voir chapitre suivant). Il serait utile de discuter cette question en détail à Dublin.

Quelques observations récentes de queues

Parmi les nombreuses observations d'aspect rapportées durant les années récentes, celles qui concernent la comète Vozárová (1954*f*) sont particulièrement curieuses. Sur une photo de 60 minutes prise le 1-2 août à Skalnaté Pleso, une queue de 10' apparaît dans la direction du Soleil, une petite extension seulement apparaissant dans la direction opposée⁽⁹⁾. Sur deux photos des 6 et 7 août (expositions de 40 et 60 minutes), R. L. Waterfield⁽⁹⁾ a aussi observé une queue solitaire de 15 à 20' de longueur, pointant presque exactement vers le Soleil. Deux petites excroissances suspectées sur le cliché du 6 août, à des angles d'environ 30 et 90° avec la queue, étaient devenues beaucoup plus grandes et diffuses sur le cliché du 7 août. Il n'y avait plus aucune trace de queue dans la direction opposée au soleil. La comète manifestait une activité considérable et des

fluctuations rapides d'éclat⁽¹⁰⁾. Une queue dirigée *vers* le soleil avait déjà été observée précédemment (van Biesbroeck), mais constitue indubitablement un fait curieux.

M. Beyer (non publié) a discuté ses 608 mesures de direction de queue, ajoutées aux 142 déterminations de van Biesbroeck. Il y a certes de sérieuses difficultés géométriques à l'interprétation de telles mesures. En tout cas, en se basant sur les directions, Beyer croit pouvoir conclure à l'existence de deux espèces de queue. L'une à peu près à l'opposé du soleil, n'apparaît que pour $r < 1.8$ U.A. et s'affaiblit rapidement pour $1.5 < r < 1.8$. L'autre espèce se mêle à la première pour $r < 0.9$; pour $r > 0.9$, elle s'en sépare et, après la disparition de la première ($r > 1.8$), elle devient la caractéristique de la comète. La 2ème espèce est plus diffuse, parfois très courbée et très inclinée par rapport à la direction opposée au soleil, semblant 'traîner' dans la direction de l'orbite. La 2ème espèce de queue de Beyer consiste, sans doute, en poussière, alors que la première consisterait en molécules ionisées; il serait utile d'en avoir des spectres (ce qui est difficile) ou des photos avec filtres adéquats. Ces observations de Beyer sont évidemment à rapprocher des travaux de S. V. Orlov et, pour remonter à la source, de ceux de Bredichin.

Les 'enveloppes' et 'rayons' des comètes

Malgré le grand nombre d'observations, il faut bien reconnaître que peu de choses essentielles ont été ajoutées en ce qui concerne la structure des queues, au travail classique de Bredichin du siècle dernier.

A. D. Fokker⁽¹¹⁾ a rediscuté le 'fountain model' des enveloppes et rayons ('streamers') des comètes. Le modèle classique d'Eddington, développé pour la Comète Morehouse en 1910, semble encore le mieux approprié, mais certaines graves difficultés apparaissent en ce qui concerne la distribution de la luminosité.

K. Wurm⁽¹²⁾ a discuté la structure des queues à CO^+ en se basant également sur le modèle d'Eddington, mais en lui donnant une plus grande généralité et en précisant les caractéristiques des éjections, notamment leurs vitesses et durées.

O. V. Dobrovolsky⁽¹³⁾ a aussi apporté une contribution aux enveloppes, dans son mémoire 'sur la théorie des formes cométaires'. Il y considère les enveloppes comme des formations non stationnaires résultant d'une éruption continue dans le noyau. Il applique sa théorie aux déterminations d'enveloppes effectuées par Bobrovnikoff pour la comète Halley et confirme l'hypothèse de Poloskov selon laquelle les enveloppes sont formées de solides (qui, d'ailleurs, dégagent des gaz). Il voit dans la radiation thermique et corpusculaire du soleil, une cause possible de la formation des enveloppes pour certains modèles du noyau. Enfin, il applique sa théorie au mouvement de l'enveloppe de la comète Donati 1856 VI pour laquelle on possède de nombreuses mesures micrométriques.

Mais, comme le font remarquer L. Biermann⁽¹⁴⁾ et A. D. Fokker⁽¹⁵⁾, peut-on traiter les enveloppes des queues simplement par la dynamique ordinaire? Le noyau est, certes, la source des ions des queues; mais, une fois ceux-ci éjectés (disons, à une vitesse de l'ordre de 10 km./sec.), ils entrent en interaction avec le flux de matière solaire et des phénomènes électrodynamiques entrent en jeu.

Les suggestions de L. Biermann

On sait, notamment à la suite des travaux de Orlov qui a ajouté d'importantes considérations physiques aux considérations mécaniques de Bredichin, qu'on doit distinguer les queues dues aux molécules ionisées (CO^+ , CO_2^+ , N_2^+ , CH^+), celles dues aux molécules neutres (C_2 , CN) et celles dues aux poussières.‡

Nous n'entrerons pas dans le détail des relations entre la composition et l'aspect des queues; cette question pourrait être discutée à Dublin.

‡ Ces poussières ne sont pas nécessairement des poussières météoritiques ou des grains de glaces. Peut-être sont-elles des poussières graphitiques? Si, lors de la désorption des solides (Levin) ou l'évaporation des glaces (Whipple), il y a production d'acétylène C_2H_2 ou de méthane CH_4 , ces composés peuvent, après quelques transformations, fournir des poussières de carbone qui sont, peut-être, responsables du spectre continu de certaines queues.

Pour des poussières dont le diamètre est de l'ordre de la longueur d'onde du rayonnement solaire incident (ordre de $0,5\mu$), la pression de radiation est appréciable et on peut, sans doute, expliquer ainsi les queues constituées de poussières. Il semble aussi possible d'expliquer par la pression de radiation sélective, les accélérations constatées dans les queues à gaz non ionisés (C_2 , CN). Mais il n'en est pas de même pour les accélérations constatées dans certaines queues à CO^+ et N_2^+ . Certes, comme l'a montré K. Wurm⁽¹⁶⁾, certaines valeurs extrêmement élevées (plusieurs milliers de fois la gravitation due au soleil), parfois attribuées aux forces répulsives des queues sont-elles fort douteuses? Ces forces ont été déterminées en partant du mouvement des condensations dans la queue et en acceptant l'hypothèse d'un déplacement de la matière dans le plan de l'orbite. Il n'empêche que les accélérations observées dans certaines queues ne peuvent être expliquées par la pression de radiation, car il faudrait, pour cela, que les forces oscillantes f des transitions électroniques de CO^+ , N_2^+ et CO_2^+ soient plus grandes que 2 ou même que 20, alors que ces forces oscillantes sont, en fait, de l'ordre de 10^{-2} ou 10^{-1} .

Il y a longtemps qu'on pense à d'éventuels effets électriques ou magnétiques dans les queues. C'est Biermann qui a, le premier, introduit des considérations claires à ce sujet.

Biermann⁽¹⁷⁾ a appliqué aux queues de comètes, la physique des plasmas. Le terme 'plasma' indique un gaz ionisé dans lequel les particules de charges électriques opposées sont distribuées dans l'espace, de telle façon que, à un haut degré d'approximation, aucune séparation des charges opposées ne se produit. Biermann suppose que, dans une queue de comète exposée au rayonnement corpusculaire du soleil, le nombre d'électrons par $cm.^3$ est égal à la somme du nombre de protons solaires et du nombre de molécules ionisées. Il suppose aussi que, dans les conditions normales, c'est à dire non magnétiquement perturbées, la densité en protons et électrons solaires reçus au voisinage de la terre est de l'ordre de $10^3/cm.^3$; cette densité irait jusqu'à 10^4 ou $10^5/cm.^3$ durant les orages magnétiques. Il admet 10.000° pour la température de la matière solaire ionisante.‡ Il faut remarquer que la valeur normale 10^3 protons/ $cm.^3$ adoptée par Biermann a été considérée comme trop élevée par certains astronomes, notamment en partant des travaux de van de Hulst sur l'évaporation de la couronne solaire. Les molécules ionisées des comètes sont accélérées lors de leurs collisions avec les électrons solaires. Ceux-ci se meuvent à peu près à la même vitesse que les protons solaires, qui, eux, n'agissent pas, en première approximation, sur les ions cométaires. Autrement dit, il y a une friction considérable entre les ions cométaires et les électrons solaires, ainsi qu'entre les protons et ions solaires, mais pas entre les protons solaires et les ions cométaires. Biermann parvient ainsi à expliquer les accélérations des ions CO^+ et N_2^+ observées dans les queues.

Si ce phénomène existe réellement, on pourrait s'attendre à trouver une corrélation entre l'activité corpusculaire du Soleil, telle qu'elle se manifeste, par exemple, sur le géomagnétisme, et les accélérations dans les queues. Il est difficile d'établir une telle corrélation parce que les régions actives du soleil ne rayonnent que dans certains angles solides dont la direction spatiale varie avec la rotation solaire et avec le temps. D'ailleurs, on ne connaît les accélérations que dans quelques cas rares. Il semble bien qu'une corrélation ait été trouvée par Biermann pour les comètes Morehouse (1908 III), Halley (1910 II) et Whipple-Fedtke (1943 I). L'hypothèse de Biermann permettrait aussi d'expliquer pourquoi il y a, souvent, un angle de quelques degrés entre le rayon primaire de la queue et la direction du Soleil ('queue traînante'). On remarquera que les comètes pourraient ainsi devenir des corps d'essai du champ solaire; au contraire de la Terre, elles peuvent atteindre de hautes latitudes héliographiques.

Travaillant dans la même voie, P. Stumpff (inédit) a étudié en détail d'anciens clichés de la Comète Morehouse obtenus à Heidelberg. Tout d'abord, il a montré que les effets stéréoscopiques apparents décrits par Max Wolf sont, en réalité, dus à la dislocation des rayons extérieurs de la queue vers son axe. Ce phénomène est semblable à celui qui a été trouvé par Kopff, puis par Lehmann et Wurm et par Fokker; mais il procède beaucoup plus rapidement sur les clichés étudiés par Stumpff. D'autre part, Stumpff a montré

‡ On admet, d'habitude, pour les corpuscules solaires atteignant la terre, des vitesses de 500 à 1200 km./sec.

que, pour ces rayons extérieurs, des accélérations 10^3 – 10^4 sont présentes, alors que les forces agissant sur les parties intérieures de la queue paraissent beaucoup plus faibles.

Ces idées ont été discutées par O. V. Dobrovolsky (18). Celui-ci a considéré les champs électrostatiques locaux créés par la collision du faisceau corpusculaire solaire avec la queue et a apporté quelques corrections à la théorie de Biermann.

Biermann a fait observer que si la radiation solaire transporte avec elle des champs magnétiques, des forces encore plus grandes sont exercées sur les ions cométaires. Il est possible qu'on doive prendre ce fait en considération pour expliquer certaines structures des queues, notamment celles en forme de vis. (Voir aussi à ce sujet K. Wurm et W. Lehmann (19).)

S. B. Pikelner et S. M. Poloskov (non publié) ont étudié l'action possible d'un champ magnétique régnant dans le système solaire, sur la matière gazeuse des queues. Si l'intensité du champ n'excède pas 10^{-5} oersted, il n'aurait aucune influence sur le mouvement de la matière gazeuse des queues. D'autre part, on peut appliquer cette méthode pour déterminer l'intensité du champ magnétique dans le système solaire, les comètes constituant à nouveau des corps d'essai.

Nous considérerons plus loin d'autres effets solaires possibles sur les comètes.

ECLAT

Techniques

Peu de contributions nouvelles importantes ont été apportées aux techniques de déterminations photométriques. F. Baldet (20) a exposé sa technique photographique extrafocale utilisant un objectif Voigtländer de type ancien $F = 60$ cm., $f/4.5$, présentant la propriété, en raison de ses aberrations, de donner des images stellaires extrafocales dégradées du centre vers les bords, tout à fait semblables à celle de la tête d'une comète, au point de ne pouvoir parfois les distinguer les unes des autres. G. Merton (21) a fait quelques essais de sa technique des 'magnitudes centrales', mais ceux-ci sont encore insuffisants. Merton est convaincu que les magnitudes intégrées sont futiles, car les observations (visuelles ou photographiques) dépendent fortement de la qualité du ciel, de l'instrument, de la durée d'exposition, etc. Les suggestions de R. L. Waterfield seront exposées dans le dernier chapitre. N. Richter (22) a fait des études expérimentales sur l'illumination des nuages de poussières en relation avec la loi de phase et la polarisation.

Magnitudes apparentes et magnitudes absolues

L'éclat d'une tête de comète est la somme des contributions de diverses bandes moléculaires et du continuum. Les bandes des différentes molécules ont des extensions différentes dans la tête; certaines (CH, NH_2 , C_3 , OH) sont concentrées à proximité du noyau, tandis que d'autres (CN, C_2) s'étendent à des distances 10 ou 20 fois plus grandes du noyau. Ces molécules CN et C_2 , elles-mêmes, ont des distributions (gradients) très différentes dans la tête. La contribution relative de chacune des molécules varie considérablement avec r . Ainsi à grande distance héliocentrique, l'émission de C_3 peut être beaucoup plus intense que celle de C_2 , alors que l'inverse est vrai à proximité de soleil. La contribution du continuum, relativement à l'émission moléculaire, varie d'une comète à l'autre et, dans une comète, varie avec r . Naturellement, le continuum, dû à la réflexion du rayonnement solaire par les particules solides, s'étend dans la tête suivant un gradient différent de celui des molécules. Enfin, les éclats présentent des variations accidentelles dont il sera question plus loin. Il n'y a donc rien d'étonnant à ce qu'il soit difficile de représenter analytiquement la variation de la luminosité globale d'une comète en fonction de r . La suggestion no. 1 du Congrès de Rome (23) garde toute sa validité!

La formule empirique habituelle dépourvue de signification physique

$$I = I_0 \times r^{-m} \times \Delta^{-2} \quad (\text{ou } m = M_0 + 5 \log \Delta + 2,5n \log r)$$

et la formule de Levin qui, pour une émission moléculaire déterminée, a un sens physique‡

$$I = I_0 \Delta^{-2} r^{-\frac{1}{2}} \exp(-L/RT) \quad (\text{ou } m = A + 5 \log \Delta + B \sqrt{r} \text{ et } M_0 = A + B)$$

représentent également bien la variation d'éclat sur un petit arc d'orbite. Il en est de même d'autres formules, comme celle de S. K. Vsekhsvyatsky (1938). Mais si l'on possède de longues séries de déterminations photométriques, aucune des formules proposées ne représente bien les variations de m . Ceci n'a, d'ailleurs, rien d'étonnant d'après les considérations physiques qui précèdent. On peut, en fait, trouver des valeurs très différentes du facteur n de la formule habituelle, pour différents arcs de l'orbite. Il en résulte des valeurs différentes de la magnitude absolue M_0 .

Le caractère artificiel et imparfait de la magnitude absolue M_0 a été souligné à maintes reprises récemment (24). En fait, on doit s'attendre à des valeurs de n différentes pour les solides et pour chacune des émissions moléculaires. Pour une coma de poussière, n devrait—sauf éjection de nouvelles particules solides—être égal à 2 (il faudrait, peut-être, tenir compte d'une loi de phase). Pour une coma composée d'un gaz de chaleur de désorption ou de vaporisation 6000 cal./gr.mol., n vaudrait 5. V. Vanysek (25) a montré que, lorsqu'on passe des comètes périodiques aux comètes d'axe a supérieur à 500 U.A. ou aux comètes à orbite parabolique, n passe d'environ 5 à 3. Les têtes des comètes périodiques (vieilles, au sens de Oort et Schmidt) seraient surtout gazeuses, alors que les poussières contribueraient appréciablement à la luminosité des autres (jeunes, au sens de Oort et Schmidt).

Tout en réalisant la situation imparfaite dans laquelle se trouve la photométrie des comètes, différents auteurs ont recherché les magnitudes absolues ainsi que les paramètres n (ou A et B) pour diverses comètes, étant donné que, à défaut de mieux, ces valeurs peuvent fournir d'utiles renseignements. Vsekhsvyatsky et ses collaborateurs ont continué activement leur catalogue des valeurs de M_0 et des descriptions d'apparitions cométaires. Au 15. IX. 1954, ces travaux avaient couvert les périodes de -467 à 1870 et de 1900 à 1930. T. V. Vodopianova (26) a donné les magnitudes absolues de 55 comètes de la période 1947-52. Les plus brillantes sont 1947 VIII (Wirtanen), 1948 III (Johnson) et 1950b (Minkowski) ($M_0 \sim 4$ ou 5); les plus faibles sont 1947 XIII (Wirtanen) et 1949 III (Wilson-Harrington) ($M_0 \sim 15$).

J. Bouška (27) a déterminé M_0 et n pour 24 comètes de 1941 à 1951; lorsque la détermination de n est impossible, il a calculé M_0 en adoptant pour n les 3 valeurs 4 ± 2 . Vanysek a également fait de tels calculs afin de poursuivre l'étude de Oort et Schmidt. De même, Beyer a calculé M_0 , n , A et B pour de nombreuses comètes, quoiqu'il fasse de sérieuses réserves au sujet de la signification physique de ces paramètres. L. Kresák (28) a construit des nomogrammes pour la détermination des $M_0 - m$.

Variations séculaires des magnitudes absolues des comètes périodiques

Si l'on fait abstraction des variations accidentelles (voir plus loin), il apparaît que les magnitudes absolues des comètes périodiques vont en décroissant. En fait, pour la comète d'Encke, Vsekhsvyatsky (29) semble aussi trouver une augmentation progressive du paramètre n avec le nombre de retours. Les valeurs de M_0 trouvées pour la comète d'Encke par Vsekhsvyatsky sont les suivantes: en 1820, $M_0 = 9.15$; en 1872: 9.84; en 1908: 10.30 et en 1935: 11.46. Pour les comètes Brorsen (période 5.5 années) et Brooks 2 (période 7.0 années), des résultats semblables ont été trouvés par V. P. Konopleva (30). Il en est de même pour la comète Faye (période 7.4 années), qui, selon V. I. Cherednitchenko (31), aurait subi un déclin $\Delta M_0 = 2.6 \pm 0.2$ mag. en 50 ans. La même conclusion

‡ L est la chaleur de désorption, R la constante universelle des gaz ($1.986 \text{ cal. degré}^{-1} \text{ Mol.}^{-1}$), T la température du noyau solide (supposée variant comme T_0/\sqrt{r}); A et B sont des constantes: $A = -2.5 \log I_0$; $B = 1.086 \times L/RT_0$; on néglige le facteur $r^{-\frac{1}{2}}$. Le modèle de Whipple peut être représenté par une formule analogue en remplaçant la chaleur de désorption par celle de vaporisation. Afin d'éliminer la distance géocentrique, certains auteurs emploient la magnitude M_Δ ramenée à $\Delta = 1 \text{ U.A.}$ ($M_\Delta = m - 5 \log \Delta$).

générale est obtenue par T. V. Vodopianova (réf. ci-dessus). Se basant exclusivement sur des observations récentes des comètes Faye (1932—1940—1947), Whipple (1933—1940—1947) et Schwassmann-Wachmann 2 (1929—1934—1942—1947) à courte période, N. Richter⁽³²⁾ trouve également une diminution séculaire nette de M_0 . Une telle réduction semble logique, étant donné le dégagement continu de gaz à chaque passage près du soleil. Elle est cependant contraire aux conclusions de Bobrovnikoff (1929, 1942).

Variations accidentelles des éclats; relations avec l'activité solaire

Nous avons vu que Biermann attribue au rayonnement corpusculaire du Soleil les accélérations des ions CO^+ des queues. On doit envisager les effets possibles sur l'éclat des comètes, non seulement du flux de corpuscules émis par le soleil, mais encore du rayonnement électromagnétique solaire.

Les corrélations entre phénomènes cométaires et solaires sont à l'étude depuis longtemps; elles ont fait l'objet d'importantes contributions récentes. M. Beyer⁽³³⁾ a montré la correspondance entre les courbes de lumière des comètes et les taches solaires, si l'on tient compte de la latitude héliographique de la comète. En particulier, Beyer examine le cas du passage d'une comète au-dessus du pôle du soleil. On peut expliquer pourquoi le maximum de lumière est parfois obtenu avant ou après le passage au périhélie, lorsque la comète change fortement de latitude héliocentrique; ou encore pourquoi les magnitudes m_Δ peuvent différer fortement, avant et après passage au périhélie, pour le même r (ex.: Mrkos 1948 *a*, qui passa de 20 à 78° latitude héliocentrique et manifesta $\Delta m = 3$ mag.). Beyer conclut que c'est le rayonnement électromagnétique du soleil et non le flux de particules qui est responsable de la variation relativement lente d'éclat.

N. Richter s'est occupé d'un problème analogue, celui des intensifications brusques, particulièrement en ce qui concerne la Comète 1925 II (Schwassmann-Wachmann). De 1939 à 1950, vingt cas d'intensification brusque ont été observés; dans certains cas, on a pu fixer le moment du sursaut lumineux avec précision (disons à un ou deux jours près). Il semble bien que l'expansion de la matière autour du noyau se faisait à une vitesse comprise entre 100 et 500 mètres par seconde. Richter constate une corrélation étroite entre les sursauts cométaires et les perturbations géomagnétiques ou les régions M du soleil responsables de ces perturbations. En supposant que les sursauts cométaires soient dus à des faisceaux de corpuscules solaires, on trouve pour la vitesse de ces derniers environ 750 ou 1000 km./sec.

Il sera intéressant de discuter soigneusement le récent passage de la comète périodique Pons-Brooks. Van Biesbroeck a observé les énormes fluctuations d'éclat de cet objet qui a présenté trois maxima de courte durée séparés par des intervalles de trois mois environ, l'amplitude de la variation atteignant 4 ou 5 magnitudes. Ces observations sont confirmées par celles qui furent effectuées à Sonneberg. Comme l'inclinaison de l'orbite est, dans ce cas, de 74°, la comète n'a séjourné que peu de temps aux latitudes des taches solaires.

Que certaines fluctuations d'éclat soient dues à l'activité solaire, cela semble vraisemblable. Mais il ne faut pas en déduire que toute anomalie de l'éclat d'une comète soit explicable ainsi: le cas de la comète Pons-Brooks devra être examiné sous cet angle. Dans ces dernières années d'activité solaire, il y a eu, selon Beyer, peu de gros changements d'éclat de comètes et, d'une façon générale, la corrélation avec le soleil reste bonne. Beyer signale, toutefois, deux anomalies, l'une pour 1951 I (Schaumasse), l'autre pour 1952 *e* (Harrington). 1951 I a atteint son éclat maximum seulement 25 jours après le périhélie. 1952 *e* eut une éruption lumineuse de 2 magnitudes quelques semaines après le périhélie et atteignit son maximum 37 jours après le périhélie. Dans aucun des deux cas, Beyer ne put attribuer l'anomalie à une cause solaire.

En fait, une variation subite d'éclat peut très bien être due à une expulsion relativement rapide de petites particules solides, notamment dans le modèle Whipple⁽³⁴⁾. L'énergie solaire normale est suffisante pour vaporiser, en quelques heures, le matériel fraîchement exposé et expulser la poussière hors du noyau (enveloppes). Whipple pense

même que ce mécanisme pourrait s'appliquer aux explosions de la comète Schwassmann-Wachmann 2.

En se basant sur une comparaison avec les aurores boréales, D. Barbier⁽³⁵⁾ a apporté un important argument contre l'attribution des sursauts lumineux à la rencontre de la comète avec un faisceau de particules solaires électrisées. Les distributions d'intensité au sein des bandes moléculaires des comètes s'expliquent parfaitement par la théorie de la fluorescence (voir chapitre suivant). On n'a jamais observé de spectres cométaires anormaux, montrant, par exemple, des répartitions d'intensité dans les bandes de CN ou CH, autres que celles qui sont prévues par la théorie de la fluorescence. D'ailleurs, une excitation par particules donne facilement les systèmes positifs de N_2 (intenses dans les aurores boréales), qu'on n'a jamais observés dans les comètes. En conséquence, Barbier pense que les irrégularités lumineuses des comètes proviennent pour une part de l'irrégularité de leur dégazage et, pour une autre part, des variations du rayonnement solaire ultraviolet modifiant la dissociation et l'ionisation.

SPECTRES

Travaux expérimentaux et théoriques sur les spectres de molécules cométaires

Un résumé de la plupart de ces travaux se trouve dans le rapport de la sous-commission 29c. Voici quelques informations complémentaires.

Le groupe 4050 a été définitivement attribué à la molécule C_3 par A. E. Douglas. Des exposés de B. Rosen et P. Swings⁽³⁶⁾ et de B. Rosen⁽³⁷⁾ ont mis en évidence les relations entre le spectre de C_3 , le continuum bleu-violet des étoiles N (voir rapport de la sous-commission 29c) et les poussières graphitiques. R. et L. Herman ont montré que l'émission 4050 est liée à la présence d'hydrogène et a probablement lieu dans les décharges de laboratoire, au cours de la décomposition de molécules complexes renfermant, au moins, du carbone et de l'hydrogène. En collaboration avec R. Goupil⁽³⁸⁾, ils ont examiné la validité de l'hypothèse de C_3 comme molécule émettrice.

P. Proisy⁽³⁹⁾ a continué son étude de la décharge dans l'ammoniac, produisant les bandes de NH_2 et NH ; il a basé, là-dessus, des identifications d'émissions cométaires.

H. Schüler^{(40) (41)} a développé la spectroscopie d'émission des substances organiques à l'aide de chocs électroniques. Les groupes polyatomiques résultant de la rupture des molécules organiques étudiées par Schüler sont du type auquel on peut s'attendre dans une comète.

Signalons encore: les déterminations de probabilités de transition de molécules cométaires par A. A. Wyller⁽⁴²⁾ et par M. Pillow⁽⁴³⁾, l'étude du spectre de CO^+ par K. N. Rao et K. S. Sarma⁽⁴⁴⁾, une étude sur les spectres de N_2^+ , NO et NO^+ par E. Miescher⁽⁴⁵⁾, un travail de S. Leach et G. Pannetier sur la bande α de l'ammoniac⁽⁴⁶⁾. Les intéressants travaux de L. Herman et G. Lukacz⁽⁴⁷⁾ sur le spectre de phosphorescence des bandes de Swan seront, peut-être, susceptibles d'être appliqués aux bandes cométaires.

Observations de spectres cométaires

Aucune description importante de spectre d'une comète nouvellement observée n'a été publiée depuis 1951. P. Swings⁽⁴⁸⁾ a examiné si des correspondances existent entre les spectres des comètes et ceux des étoiles N, en plus de celle qui concerne le groupe 4050. Des émissions observées dans la région centrale de 1941 I (Cunningham) et 1937 II (Wilk-Peltier) semblent coïncider avec des absorptions des étoiles N avancées, dans la région $\lambda 3600$ – $\lambda 3850$. On est donc tenté d'attribuer les bandes ultraviolettes d'absorption non identifiées des étoiles N et les émissions ultraviolettes non interprétées des comètes, à la même molécule, probablement un composé polyatomique. Des coïncidences moins frappantes sont observées entre les bandes de Merrill-Sanford des étoiles N et certaines émissions cométaires de la région $\lambda 4200$ – $\lambda 5200$. L'ensemble des

radiations cométaires inexplicées a été examiné dans ses grandes lignes (49). Le travail d'identification, qui devra procéder avec une prudence extrême, sera effectué lorsque sera terminé l'Atlas de spectres cométaires. A ce moment là, il sera aussi procédé à une étude critique soignée des effets solaires possibles sur les spectres cométaires eux-mêmes.

A. McKellar et J. L. Climenhaga (50) ont comparé les profils observés et calculés (pour plusieurs températures) des bandes de Swan des comètes 1939*d*, 1940*c* et 1942*g*. Le meilleur accord a lieu pour une température d'excitation comprise entre 2000 et 3000° K. L'effet de la distance héliocentrique apparaît dans la température d'excitation. On connaît le caractère artificiel de cette température d'excitation.

Les mêmes auteurs ont aussi recalculé (encore inédit) les profils des bandes $\lambda 3883$ CN et $\lambda 4315$ CH pour les conditions d'observation de 1939*d* et 1940*c* (et, pour CN, de 1942*g*). En introduisant un facteur de normalisation omis dans les calculs antérieurs de McKellar, ils peuvent interpréter de façon parfaite les maxima secondaires très nets dans la bande de CN, en $\lambda 3874$ et $\lambda 3876$. Ils en concluent que, dans le cas de CN, les profils peuvent être bien interprétés en combinant une distribution maxwellienne des molécules de l'état électronique et vibrationnel normal, avec la théorie d'excitation par fluorescence-résonance.

Hunaerts a continué ses travaux sur les profils synthétiques de spectres moléculaires en vue d'interpréter leur comportement dans les spectres cométaires. Il s'est intéressé surtout aux spectres des hydrures OH, CH et NH. En fait, ses calculs lui ont permis de faire une analyse quantitative du phénomène de fluorescence soumis à l'influence des raies de Fraunhofer. Éliminant l'hypothèse d'une distribution préalable quelconque sur les niveaux de rotation de l'état électronique inférieur, le calcul des mécanismes d'absorption et d'émission successifs indique que cette distribution dépend simultanément de la durée de vie moyenne sur un état de rotation et de l'intervalle de temps nécessaire pour un processus d'absorption.

Dans le cas de la bande 0—0 du système ${}^2\Sigma \rightarrow {}^2\Pi$ de OH (51) la probabilité d'émission du spectre de rotation pure est $2 \cdot 10^{-3} \text{ sec.}^{-1}$. Elle est suffisamment élevée pour qu'entre deux processus d'absorption de la radiation solaire, la population moléculaire soit presque exclusivement concentrée sur le premier niveau de rotation.

Dans le cas de la bande 0—0 du système $A^2\Delta \rightarrow X^2\Pi$ de CH (52) l'application de la théorie fournit la valeur $10^{-3} \text{ sec.}^{-1}$ pour la probabilité d'émission des transitions de rotation pure dans le passage $K''(2)$ vers $K''(1)$. Le nombre quantique de rotation du dernier niveau peuplé est élevé, vraisemblablement $K'' = 11$. De plus, pour cette même molécule, la comparaison des systèmes $A^2\Delta \rightarrow X^2\Pi$ et $B^2\Sigma \rightarrow X^2\Pi$ a conduit à une valeur du rapport des forces d'oscillation des deux systèmes. Il sera intéressant de comparer ce rapport 7:1 à celui qu'on pourrait tirer des raies moléculaires interstellaires.

Hunaerts s'occupe, à présent, du spectre de NH.

S. M. Poloskov (53) a passé en revue les tentatives d'identification du spectre infrarouge et suggéré son attribution au nouveau système de N_2^+ . P. Swings et L. Haser (inédit), ayant envisagé la même possibilité, avaient cru devoir la rejeter; ils comptent réétudier la question bientôt.

Dans un travail à l'impression, V. I. Cherednichenko a montré l'importance que pourraient présenter les ions solaires pour l'excitation des molécules CO^+ et N_2^+ des queues.

Radio-spectroscopie des comètes

S. M. Poloskov (54) a étudié la possibilité d'observer une radio-émission cométaire. L'émission continue résulterait de la collision des électrons avec le nuage ionique des queues, tandis que l'émission monochromatique proviendrait des transitions entre les niveaux de structure fine de l'état électronique inférieur de CH, OH, NH, C_2 , CN, N_2^+ et CO^+ . La radiation continue semble inobservable, mais les calculs montrent que des radiations monochromatiques pourraient être observées lorsque les conditions les plus favorables sont remplies pour les comètes les plus brillantes.

L'ionisation des molécules CO et N₂

Dans un mémoire à l'impression, V. I. Cherednichenko a étudié l'influence du rayonnement corpusculaire et électromagnétique solaire sur la dissociation et l'ionisation des molécules de la tête et de la queue. Nous ne possédons encore aucun détail sur ce travail.

On a, d'habitude, pensé avec K. Wurm, que l'ionisation des molécules CO et N₂ se faisait par absorption du rayonnement solaire ultraviolet lointain ($\lambda < 800 \text{ \AA}$). Toutefois, K. Wurm a montré qu'un large excès de rayonnement UV solaire sur le corps noir à 6000° K. était requis pour rendre compte des observations. Un tel excès ne paraît compatible ni avec les résultats des observations solaires effectuées par fusées à haute altitude, ni avec les modèles actuellement adoptés pour le soleil. Deux suggestions ont été émises récemment.

Biermann⁽⁵⁵⁾ s'est demandé si les ions CO⁺ et N₂⁺ ne sont pas formés par effet d' 'Umladung' (transfert d'électron) entre un proton solaire et une molécule cométaire neutre. ‡ Les sections efficaces expérimentales pour un transfert d'électron lors d'un choc avec un proton de vitesse 1000 km./sec. est de l'ordre de 10⁻¹⁵ cm.² Dans un flux de 10¹¹ protons solaires par cm.²-seconde, une molécule CO ou N₂ ne pourrait donc vivre que quelques heures avant d'être ionisée. La dissociation par collision serait, au contraire, fort lente. Wurm⁽⁵⁶⁾ a toutefois soulevé l'objection que les particules C₂ et CN ont une durée de vie beaucoup plus longue que CO; or, elles devraient aussi être ionisées abondamment par 'Umladung' à moins que leurs sections efficaces d'ionisation ne soient 100 ou 1000 fois plus petites que celle de CO. Ceci, sans être impossible, semble difficile à admettre. Des travaux théoriques sur ce sujet sont désirables.

D. Barbier⁽⁵⁷⁾ a basé ses considérations sur une instructive comparaison entre l'émission des bandes de N₂⁺ au crépuscule et dans les comètes; dans les deux cas, cette émission semble bien résulter du mécanisme de fluorescence. Les ions N₂⁺ présents dans l'atmosphère terrestre à environ 100 kilomètres de hauteur résultent, selon Bates et Nicolet, de l'ionisation de N₂ par des rayons X mous issus de la couronne et, accessoirement, par des particules solaires électrisées. L'hypothèse de Bates et Nicolet ne convient pas aux comètes; les rayons X ne produiraient qu'une ionisation négligeable dans les atmosphères cométaires. D'autre part, l'hypothèse de Wurm (photo-ionisation) ne peut expliquer l'ionisation du N₂ terrestre à 100 kilomètres. Barbier s'est demandé s'il n'existe pas, dans les comètes, des conditions particulières d'ionisation, n'ayant pas leur équivalent dans l'atmosphère terrestre. Une suggestion possible est que les gaz se dégageant des solides du noyau seraient ionisés, au moins en partie, par les photoélectrons émis par les corps solides sous l'action des rayons X coronaux. Les ions moléculaires pourraient s'échapper d'autant plus facilement que le solide posséderait une charge positive produite par l'expulsion photoélectrique des électrons. Il serait, d'ailleurs, possible que des molécules superficielles des corps solides soient, elles aussi, dissociées par les rayons X mous et donnent lieu à des molécules telles que C₃.

Il est souhaitable que toutes ces considérations soient soumises à des estimations numériques. §

STRUCTURE, ORIGINE, EVOLUTION

Pour les questions envisagées dans ce chapitre, la Commission 15 a de nombreux problèmes en commun avec les Commissions 20 (Orbites) et 22 (Météores, lumière zodiacale).

Structure des noyaux

On n'est guère d'accord sur la structure d'un noyau cométaire. S'agit-il, comme le pensent Whipple et Oort, d'un conglomérat unique de glaces et météorites, dégageant des molécules gazeuses par sublimation (ou désorption), ou d'un petit nombre de tels

‡ La réaction $N_2 + H^+ \rightarrow N_2^+ + H$ a souvent été envisagée dans le cas des aurores boréales.

§ On peut rapprocher de l'hypothèse de Barbier, celle de P. Swings et B. Rosen (*Ann. d'Aph.* 16, 92, 1953) suivant laquelle les molécules C₃ seraient produites lors du bombardement des glaces organiques du noyau par des protons solaires.

blocs? Ou bien, pour prendre l'autre extrême, d'un vaste essaim de petites particules très distantes l'une de l'autre, comme le pense Lyttleton? Peut-être y a-t-il, en fait, parmi les comètes, des objets de structure diverse?

On a objecté au modèle de Lyttleton qu'il se disperserait rapidement. Celui-ci y répond⁽⁵⁸⁾ qu'on ne doit même pas postuler des forces de cohésion: l'essaim resterait groupé simplement parce que les particules parcourent des orbites pratiquement identiques. Lorsqu'une comète s'approche fortement du soleil, les particules solides sont vaporisées dans une proportion dépendant de la distance héliocentrique, ainsi que de la dimension et de la nature des solides. Les petits grains disparaissent les premiers. Mais, ajoute Lyttleton, dès que la distance héliocentrique redevient de l'ordre de 5 rayons solaires, la température décroît suffisamment pour que les gaz se recondensent rapidement en liquides et solides. Dans un essaim, il y a nécessairement des collisions entre les particules; la violence de ces collisions est suffisante pour pulvériser des particules et libérer ainsi des poussières susceptibles de former la queue. D'ailleurs, les molécules gazeuses sont produites par l'échauffement des solides, dû non seulement au rayonnement solaire, mais encore aux rencontres entre solides.

Au contraire, Whipple⁽⁵⁹⁾ se figure le noyau comme un conglomérat de glaces d'éléments divers (H_2O , NH_3 , CO_2 , peut-être CH_4 , etc.) possédant une haute tension de vapeur à la température ordinaire, mélangées à des composés plus lourds ayant une faible tension de vapeur à température ordinaire. Les glaces subliment sous l'action de la chaleur solaire. On peut expliquer ainsi la désintégration lente des comètes, les changements séculaires des périodes, l'origine des molécules parentes, la faiblesse structurelle favorisant la rupture de certaines comètes, l'éjection de particules météoritiques sous l'effet de gaz subitement expulsés. Il semble bien possible aussi, par la désintégration de comètes bâties sur le modèle de Whipple, de compenser la perte de matière interplanétaire due à l'effet Poynting-Robertson, comme il est requis pour expliquer la lumière zodiacale.

Les plus petits noyaux se désintégreraient plus rapidement car ils sont vraisemblablement plus ténus, les particules n'étant retenues que par de faibles pressions de gravitation. Les plus grands noyaux, ayant un rayon de l'ordre de 10 km. ou plus, présenteraient des pressions élevées (plusieurs atmosphères) dans les régions centrales, de sorte que l'amalgamation conduirait à la formation d'un solide plus rigide. Les noyaux des comètes périodiques ayant survécu des centaines ou des milliers de passages à proximité du soleil seraient essentiellement composés des parties centrales de ces noyaux originaires plus grands et posséderaient une résistance structurelle relativement élevée. De telles comètes pourraient, selon Whipple, produire de gros blocs météoritiques. Certaines comètes sont capables de survivre à 10.000 révolutions avec une distance périhélique de l'ordre de 1 U.A.

Comme l'ont montré A. Delsemme et P. Swings⁽⁶⁰⁾, les gaz seraient solidifiés, en partie, sous forme d'hydrates solides, tels que $\text{CH}_4 + 6\text{H}_2\text{O}$. Les tensions de vapeur—donc les taux de sublimation—de ces hydrates sont du même ordre de grandeur, alors que les tensions de vapeur des CH_4 , H_2O , ... solidifiés diffèrent dans des proportions très grandes. Les abondances relatives des radicaux observés dans les comètes seraient expliquées de façon plus satisfaisante en admettant la présence d'hydrates solides.

O. V. Dobrovolsky⁽⁶¹⁾ a également étudié le problème du nombre de collisions moléculaires au voisinage du noyau solide, ainsi que la possibilité de certaines réactions chimiques près des surfaces. Ce point a aussi été envisagé par Swings et Delsemme⁽⁶²⁾. On connaît malheureusement peu de chose à ces questions physico-chimiques.

Formellement, les phénomènes de dégazement par sublimation dans le modèle de Whipple peuvent être traités de la même façon que les phénomènes de dégazement par désorption dans le modèle de Levin. V. Rieves⁽⁶³⁾ considère que la production de gaz se fait, dans la plupart des cas, plus rapidement que dans le modèle de Whipple. Il s'agirait plutôt d'une diffusion activée. D'après les valeurs obtenues pour l'énergie d'activation, les comètes se répartiraient en trois groupes, correspondant probablement à différentes structures du noyau. Toutefois, des observations photométriques plus précises sont requises avant l'adoption de telles conclusions. On verra, plus loin, que Kuiper est aussi

amené à considérer plusieurs groupes 'génétiques' de comètes qui pourraient avoir des compositions différentes.

Continuant et étendant les travaux de Dubyago (64), E. Schatzman (65) a essayé d'obtenir des renseignements sur la stabilité d'un modèle de noyau consistant en un nuage de particules. Il a, pour cela, imité, en première approximation, la description des amas globulaires donnée par Chandrasekhar. En général, les amas de particules se condensent, ainsi que Oort le suppose. Mais un tel amas peut également se disperser dans l'espace, ou même, sans se condenser ni se disperser, s'appauvrir progressivement en corpuscules.

D'où viennent les comètes à l'heure actuelle (théorie de Oort)?

Les comètes doivent être considérées comme membres du système solaire. (Voir, comme travail récent, K. A. Steins (66).) Les travaux de J. H. Oort (67) (les calculs d'orbites 'originales' de comètes nouvelles ou presque nouvelles ont été continués à Leiden) ont conduit à penser qu'il existe un vaste réservoir de comètes se trouvant à grande distance du soleil (au delà de 40.000 U.A., disons à environ 100.000 U.A.), mais encore dans le champ gravitationnel du soleil. Cet essaim comprend au moins 10^{11} comètes de dimensions observables et appartient définitivement au système solaire. Les étoiles voisines ont suffisamment 'malaxé' ce réservoir pour que tous les plans orbitaux et périhélie soient distribués à peu près au hasard (voir, toutefois, la remarque de P. J. D. Gething ci-dessous). Les comètes qui quittent l'essaim et nous apparaissent sont celles qui sont perturbées par un passage d'étoile, de sorte que leur périhélie passe d'une grande valeur (ordre de 40.000 à 100.000 U.A.) à une valeur inférieure au demi-axe de l'orbite de Jupiter. Il faut remarquer que les étoiles les plus proches de nous ne sont que 3 ou 4 fois plus éloignées que l'essaim de Oort, supposé situé à 100.000 U.A. et qu'elles doivent donc exercer une action perturbatrice appréciable sur cet essaim. Le modèle de Whipple n'est pas opposé à la théorie de Oort sur la région d'origine des comètes.

M. Schmidt et J. H. Oort (68) ont recherché les différences entre les comètes 'nouvelles' (c'est-à-dire passant pour la première fois près du soleil) qui, depuis, peut-être 3×10^9 années existent dans des conditions pratiquement interstellaires et les 'vieilles' comètes (qui sont déjà passées près du soleil). Les nouvelles comètes se détériorent beaucoup plus aisément et rapidement que les vieilles. Les nouvelles ont un spectre continu plus intense (lorsqu'elles sont à une distance $r > 1$ U.A.) et elles ont un éclat qui varie moins rapidement avec r (facteur n plus petit); les importances relatives de l'évaporation des gaz et de l'expulsion des poussières seraient différentes dans les comètes nouvelles et vieilles. La plupart des comètes arrivent près du soleil pour la première fois.

L'existence de familles cométaires possédant des éléments orbitaux semblables suggère la fracture de certains noyaux cométaires en fragments, à la suite, peut-être, du passage d'une étoile à proximité d'une région de l'essaim. P. J. D. Gething (non publié, sujet à révision) a tenté de rechercher s'il existe dans les directions des étoiles les plus proches, des concentrations des aphélie de comètes appartenant à des familles. La discussion statistique de ce problème est délicate et rentre plutôt dans le cadre de la Commission 20. Le résultat provisoire de Gething, à savoir que de telles concentrations semblent exister pour les étoiles les plus voisines, est très intéressant.

Comment sont nées (ou naissent) les comètes?

Au sujet de l'origine des comètes, on ne peut encore à l'heure actuelle, faire que des hypothèses, dont trois surtout sont en faveur. Nous nous contenterons de les mentionner sommairement; on pourra trouver un exposé détaillé dans les ouvrages signalés au début du rapport.

L'origine interstellaire, déjà envisagée par Laplace (1813), Seeliger (1890), Fabry (1893), Bobrovnikoff (1930), Nölke (1936) et Schmidt, a, depuis 1948, été défendue surtout par R. A. Lyttleton (69) et un groupe d'astronomes anglais, Gething (70), Bondi (71), McCrea (72), et Dodd (73). Suivant la théorie de l'accrétion de Lyttleton, les comètes trouveraient leur origine dans la poussière interstellaire capturée par le soleil lors de son

passage à travers un nuage interstellaire. Cette théorie n'est pas opposée à la notion de l'essaim de Oort à une distance $r > 50.000$ U.A.

Une origine planétaire, déjà discutée par Lagrange (1814), Proctor (1870), Tisserand (1890) et Orlov a surtout été développée récemment dans deux voies.

Oort, Kuiper et d'autres pensent que l'essaim de comètes a été formé durant les premières périodes, à l'origine du système solaire, dans la même région générale où les planètes se sont formées. A la suite des travaux de van Woerkom, Oort pense que, dans le passé, il s'est produit un courant de comètes quittant les parties centrales du système solaire et s'accumulant à ses confins; depuis longtemps, le courant se fait en sens inverse; l'origine réelle pourrait être la rupture d'une planète intérieure à l'orbite de Jupiter (Olbers, Fesenkov (74), Oort).

G. P. Kuiper (75) pense plutôt que les comètes observées à l'heure actuelle appartiennent à plusieurs groupes génétiques. Les unes seraient les produits de condensation des parties extérieures de la nébuleuse solaire qui produisit les planètes. Des perturbations planétaires ont reporté beaucoup de ces comètes à de grandes distances du soleil, où des perturbations stellaires ont encore altéré leurs orbites, les rendant de moins en moins elliptiques et distribuant les inclinaisons au hasard. D'autres comètes proviendraient de Proto-Neptune, Proto-Uranus, etc. Il pourrait exister, entre ces divers groupes, des différences de composition, notamment en ce qui concerne le contenu en carbone. Des études spectroscopiques soigneuses sont, peut-être, possibles dans cette voie.

Quant à S. Vsekhsvyatsky (76), il continue à défendre l'hypothèse, déjà préconisée par Tisserand, que les comètes, aussi bien de courte que de longue période, sont des produits d'activité éruptive sur les planètes ou satellites. En se basant sur les propriétés orbitales et sur les vitesses de désintégration des comètes à courte période, Vsekhsvyatsky émet des objections aussi bien à la théorie d'accrétion de Lyttleton, qu'à celle de l'explosion d'une planète (Olbers, Fesenkov, Oort). Les comètes résulteraient d'activités éruptives, en partie anciennes (datant de 10^5 à 10^7 années), en partie actuelles. Comme sources des nouvelles comètes et de la matière météoritique, Vsekhsvyatsky envisage certains satellites de Jupiter, Saturne et ses satellites, les systèmes d'Uranus et Neptune et, enfin, la Terre et, peut-être, Vénus.

SUGGESTIONS

La plupart des suggestions présentées à Rome (*Trans. U.A.I.* 8, 203-7, 1952) restent valides; il en est de même de certaines suggestions du Congrès de Zurich. Passons en revue les suggestions de Rome (pp. 203-4):

(1) subsiste entièrement, mais a reçu un commencement de réalisation, notamment à Leiden et à Ann Arbor;

(2) et (3) subsistent intégralement, aucun progrès n'ayant été fait;

(4) subsiste partiellement, les spectres de C_3 , CN^+ et NH^+ ayant fait l'objet d'importantes études;

(5) subsiste; Richter signale qu'au cours des prochaines années, la comète 1925 II aura des déclinaisons australes; il serait important d'enrôler la collaboration d'observateurs de l'hémisphère austral; il serait souhaitable aussi qu'on obtienne des spectres lorsque la comète possède son éclat normal (18^{me} mag.);

(6), (7) et (8) subsistent presque entièrement; les nouvelles conceptions introduites par Biermann renouvellent l'intérêt de (7);

(9) subsiste et devrait faire l'objet d'une discussion spéciale à Dublin; P. Swings propose qu'un bureau central réunisse des copies de tous les spectres cométaires et soit chargé de leur distribution (Liège est suggéré étant donné son activité pour la préparation de l'Atlas);

(10) à (14) subsistent.

1. La plupart de ces recommandations ou suggestions ainsi que les principes de préparations de l'Atlas de spectres se retrouvent avec quelques développements, dans l'ouvrage de Richter, pp. 111-17. Richter insiste aussi sur la nécessité de suivre les éclats et aspects des comètes de façon aussi continue que possible afin de pouvoir étudier

leurs fluctuations. Ceci sera surtout désirable pendant l'Année Géophysique Internationale (Öhman, Swings), en vue des relations avec les phénomènes solaires et terrestres. Pour la théorie du dégazement, Richter considère qu'il est indispensable de continuer la photométrie des comètes périodiques avec détermination des variations des magnitudes absolues et des paramètres n . Il insiste encore sur la nécessité de mesures de la polarisation et de l'éclat du noyau, en vue de l'étude de la loi de phase et de l'albedo de celui-ci.

2. Biermann insiste sur l'importance que présenteraient des photographies de nouvelles comètes, dans lesquelles on pourrait bien distinguer les formations consistant d'ions et celles qui consistent en molécules non ionisées.

3. S. K. Vsekhsvyatsky recommande l'étude, en laboratoire, des spectres de radicaux obtenus par l'irradiation d'hydrocarbures congelés, au moyen de photons ultraviolets ou de jets d'électrons ou protons. Il recommande aussi la détermination des sections efficaces des molécules cométaires pour l'excitation par chocs d'électrons ou de particules lourdes.

4. A Rome, on avait (p. 200) recommandé l'étude de la comète Pons-Brooks 1884 I. Les circonstances ont été défavorables, la comète ayant été, en général, très faible et s'étant trouvée, pour la plupart des observateurs intéressés, dans une mauvaise position au moment de son éclat maximum. P. Swings conseille de consacrer un sérieux effort à l'étude de l'aspect, de l'éclat et du spectre de la comète d'Encke lors de son prochain retour qui sera favorable. Dans l'hémisphère nord, la comète d'Encke sera observable à peu près du 15 août au 15 octobre 1957 de $r=1,3$ (mag. environ 14) à $r=0,34$ (mag. 5). Des différences spectroscopiques trouvées en comparant les spectres de 1938 et 1948 (P. Swings et L. Haser, inédit) devraient être recherchées au prochain passage.

5. V. Riives, dans la ligne de la suggestion (9) de Rome, suggère de rassembler les reproductions des photographies de comètes ayant des queues bien développées, se trouvant dispersées dans de nombreux observatoires. On pourrait ainsi étudier en détail, plus efficacement, le développement et le mouvement des queues (voir recommandation 7 de Rome). A ce sujet, il est signalé que Hoffmeister a préparé la publication de toutes les observations photographiques de comètes faites à Sonneberg.

6. Vsekhsvyatsky, tenant compte des propositions exprimées lors du colloque sur l'origine des comètes tenu à Leningrad en 1954, considère qu'il serait indispensable d'organiser à Dublin, dans le cadre des commissions 15 et 20, une discussion de l'origine des comètes à courte période et de la théorie d'accrétion. Il suggère des communications de Vsekhsvyatsky, van Woerkom, Merton et Tchebotarev.

7. R. L. Waterfield a envoyé des remarques et suggestions dont voici le résumé:

Lors du Congrès de Rome, la question de la détermination des magnitudes cométaires n'a été discutée que trop sommairement. Or, la mesure des magnitudes intégrées est à présent dans un état très peu satisfaisant et une méthode accessible à un large cercle d'observateurs est désirable. La Schraffierkassette et la photométrie photoélectrique habituelle donnent une précision inutilement trop élevée (quelques dixièmes de magnitude suffiraient). La méthode visuelle extrafocale habituelle conduit à de grossières erreurs; la méthode Baldet fournit d'excellents résultats à M. Baldet, mais un objectif photographique normalement corrigé ne convient pas.

Waterfield suggère qu'une discussion approfondie de cette question s'engage à Dublin, les quatre voies suivantes lui paraissant dignes d'être explorées:

1. Sélection d'un groupe d'objets d'aspect cométaire (amas, nébuleuses), de divers diamètres angulaires et magnitudes intégrées, bien distribués dans le ciel, pour photométrie photographique focale des comètes.

2. La méthode de Fabry consistant à photographier l'image de l'objectif illuminé successivement par la comète et par des étoiles de comparaison.

3. La possibilité de se rapprocher de la méthode Baldet en construisant, à bon compte, une lame correctrice à placer devant un objectif photographique de correction normale.

4. La possibilité de réaliser, à bon compte, un photomètre photoélectrique de précision comparativement faible.

Waterfield incline plutôt vers la possibilité no. 2.

CONCLUSION

En plus d'une discussion assez rapide du rapport et des suggestions ci-dessus, notamment de la suggestion 9 de Rome, et de la recommandation faite par Riives, il est proposé que, lors de la réunion de Dublin, des discussions détaillées aient lieu sur les points suivants:

1. Dans le cadre de la Commission 15 seule: (a) les propositions énoncées par R. L. Waterfield; (b) la circulation d'informations physiques.

2. Dans le cadre des Commissions 20 et 15: la proposition de S. K. Vsekhsvyatsky (qui a été invité à organiser cette discussion).

P. SWINGS

Président de la Commission

RÉFÉRENCES

- (1) S. V. Orlov, *Astr. J. U.R.S.S.* **30**, 546–51, 1953.
- (2) T. L. Page, *Lg.* 49–52. †
- (3) J. Bouška, *Acta Astron.*, série c, Vol. **5**, 1953.
- (4) F. Baldet, *Annuaire Bur. Longit.* pour 1950.
- (5) L. Pajdušáková-Mrkosová, *Lg.* 17–20.
- (6) F. Link, *Lg.* 247–50.
- (7) R. A. Lyttleton, *Lg.* 357–8.
- (8) K. M. Yoss, *Lg.* 32–45; *Publ. A.S.P.* **63**, 146, 1951.
- (9) *Circ. U.A.I.* no. 1467.
- (10) W. H. Steavenson, *Circ. U.A.I.* no. 1469.
- (11) A. D. Fokker, *Lg.* 201–19.
- (12) K. Wurm, *Lg.* 220–35.
- (13) O. V. Dobrovolsky, *Bull. Stalinabad*, no. 5, pp. 3–17, 1952; no. 7, pp. 3–26, 1953 et no. 1, pp. 3–21, 1954.
- (14) L. Biermann, *Lg.* 262.
- (15) A. D. Fokker, *Lg.* 218.
- (16) K. Wurm, *Lg.* 235.
- (17) L. Biermann, *Lg.* 251–62; *Z. Ap.* **29**, 274, 1951; *Z. Naturforschung*, **7a**, 127, 1952.
- (18) O. V. Dobrovolsky, 'Sur la nature des accélérations dans les queues cométaires de type I', *Bull. Obs. Stalinabad*, no. 10, pp. 3–13, 1954.
- (19) K. Wurm et W. Lehmann, *Die Himmelswelt*, **55**, 16, 1947.
- (20) F. Baldet, *Lg.* 21–4.
- (21) G. Merton, *Trans. I.A.U.* **8**, 205–6.
- (22) N. Richter, *Statistik und Physik der Kometen*, pp. 32–41; communication au colloque 1954 de Liège, à l'impression.
- (23) *Trans. I.A.U.* p. 203.
- (24) *Lg.*, chap. 1 et p. 46.
- (25) V. Vanysek, *Lg.* 30–1; *Contrib. Astr. Inst. Masaryk, Univ. Brno*, **1**, no. 9, 1952.
- (26) T. V. Vodopianova, *Circ. Astr. Acad. Sci. U.R.S.S.* no. 145, p. 4; no. 147, p. 6 et no. 150, p. 2, 1954.
- (27) J. Bouška, *Lg.* 25–9; *Cometary Studies*, Vols. **8–10**.
- (28) L. Kresák, *Zvlátní Otisk Casopisu, etc.* **3**, 71, 1953.
- (29) S. V. Vsekhsvyatsky, *Astr. J. U.R.S.S.* **31**, 281, 1954.
- (30) V. P. Konopleva, *Publ. Obs. Kiev*, no. 5, pp. 59–81, 1953.
- (31) V. I. Cherednitchenko, *Publ. Obs. Kiev*, no. 5, pp. 83–103, 1953.
- (32) *Statistik und Physik der Kometen*, voir son ouvrage, pp. 86–7.
- (33) M. Beyer, *Lg.* 236–46.

† Nous nous référons fréquemment à 'La Physique des Comètes', *Mém. Soc. Roy. Sci. Liège*, **13**, 1953, en indiquant simplement *Lg.* et les pages du volume tiré à part. (Pour la pagination dans le volume des *Mém. Soc. Roy. Sci. Liège*, ajouter 43.)

- (34) F. L. Whipple, *Lg.* 284.
- (35) D. Barbier, *Lg.* 263–76.
- (36) B. Rosen et P. Swings, *Ann. Astrophys.* **16**, 82–95, 1953.
- (37) B. Rosen, *Lg.* 147–63.
- (38) R. Herman, L. Herman et R. Goupil, *Ann. Astrophys.* **16**, 444, 1953.
- (39) P. Proisy, *Lg.* 164–90; *Annales de Physique*, 2e série, **8**, pp. 5–13, 1953; *C.R. Acad. Sci. Paris*, **236**, 2034–6, 1953.
- (40) H. Schüler, *Lg.* 191–5.
- (41) H. Schüler et L. Reinebeck, *Spectrochimica Acta*, **6**, 288–301, 1954 et références y indiquées.
- (42) A. A. Wyller, *Lg.* 97–104.
- (43) M. Pillow, *Lg.* 105–15.
- (44) K. N. Rao et K. S. Sarma, *Lg.* 141–6.
- (45) E. Miescher, *Lg.* 137–40.
- (46) S. Leach et G. Pannetier, *J. Phys. Rad.* **15**, 413–16, 1954.
- (47) L. Herman et G. Lukacz, *C.R. Acad. Sci. Paris*, **239**, 640–2, 1954.
- (48) P. Swings, *Ann. Astrophys.* **16**, 307–14, 1953.
- (49) P. Swings, *Lg.* 53–8.
- (50) A. McKellar et J. L. Climenhaga, *Lg.* 116–32.
- (51) J. Hunaerts, *Lg.* 59–96.
- (52) J. Hunaerts, *Ann. Obs. Roy. Belgique*, **6**, no. 4, 1954.
- (53) S. M. Poloskov, 'Le spectre infrarouge des comètes', dans *Problèmes de Cosmogonie*, à l'impression; 'Identification du spectre infrarouge des comètes', *C.R. Acad. Sci. U.R.S.S.*, à l'impression.
- (54) S. M. Poloskov, *Astr. J. U.R.S.S.* **30**, 68–75, 1953; *Bull. Obs. Stalinabad*, à l'impression.
- (55) L. Biermann, *Lg.* 261–2.
- (56) K. Wurm, *Lg.* 277–8.
- (57) D. Barbier, *Lg.* 263–76.
- (58) R. A. Lyttleton, *Lg.* 351–60.
- (59) F. L. Whipple, *Lg.* 281–98; *Ap. J.* **111**, 375–94, 1950 et **113**, 464–74, 1951.
- (60) A. Delsemme et P. Swings, *Ann. Astrophys.* **15**, 1–6, 1952.
- (61) O. V. Dobrovolsky, 'La sphère d'action du noyau d'une comète', *Bull. Obs. Stalinabad*, no. 6, pp. 5–10, 1952.
- (62) A. Delsemme et P. Swings, *Ann. Astrophys.* **15**, 5, 1952.
- (63) V. Riives, 'Changement de l'intensité du dégagement gazeux du noyau cométaire en fonction de la distance héliocentrique', *Pub. Obs. Tartu*, **32**, no. 2, 1952.
- (64) A. D. Dubyago, *Astr. J. U.R.S.S.* **27**, 5–14, 1950.
- (65) E. Schatzman, *Lg.* 313–23.
- (66) K. A. Steins, 'Sur la question de l'origine des comètes à longue période', *Astr. J. U.R.S.S.* **30**, 184, 1953.
- (67) J. H. Oort, *Lg.* 324–31; *B.A.N.* **11**, 91 et 108, 1950; *Observatory*, **71**, 129, 1951.
- (68) M. Schmidt et J. H. Oort, *B.A.N.* **11**, 259, 1951.
- (69) R. A. Lyttleton, *Mon. Not. R. Astr. Soc.* **111**, 268, 1951; *Observatory*, **72**, 33, 1952; *Lg.* 351–60.
- (70) P. J. D. Gething, *Mon. Not. R. Astr. Soc.* **111**, 468, 1951.
- (71) H. Bondi, *Lg.* 332–6.
- (72) W. H. McCrea, *Lg.* 337–50.
- (73) K. N. Dodd et W. H. McCrea, *Mon. Not. R. Astr. Soc.* **112**, 205, 1952.
- (74) V. G. Fesenkov, 'Sur l'origine des comètes', *Astr. J. U.R.S.S.* **28**, 98, 1951.
- (75) G. P. Kuiper, in *Astrophysics*, ed. A. J. Hynek, p. 363; *Proc. Nat. Acad. Sci.* **39**, 1153–8, 1953.
- (76) S. Vsekhsvyatsky, 'Comètes périodiques et leur origine', *Astr. J. U.R.S.S.* **29**, 63–75, 1952; 'Nouvelles données sur l'origine des comètes et la théorie des éruptions', *Pub. Obs. Kiev*, no. 5, 3–56, 1953; communications à la réunion du Conseil Astronomique à Tartu, mai 1953, et au symposium de Poulkovo, 1954.

ADDENDUM

Prof. B. Vorontsov-Velyaminov investigated the comet 1942g which was discovered and photographed at Abastumani. It was shown that during the whole month of March 1943 the light distribution in the coma practically did not vary and had a spherical symmetry. The space density in the coma varied inversely with the square of the distance from the nucleus.

Within the measurable isophotes the comet diameter was larger than that of the Sun and larger than the record-breaking comet Holmes. The density at the boundaries of the visible coma was about 10^{-22} g./cm.³, and the extrapolated value for the nucleus was of the order of 10^{-11} g./cm.³.

These features may be typical for the great majority of comets amongst which parabolic contours of comet heads and conical tails with a smooth variation of light represent a very rare exception (*Bull. Abast. Astroph. Obs.* no. 17, 1954).

Compte rendu des séances

PRÉSIDENT: Prof. P. Swings.

SECRÉTAIRE: L. Haser.

Séance du 30 aout 1955

La Commission adopte sans objection le Draft Report du Président.

La liste des corrections concernant l'orthographe des noms Tchécoslovaques est annexée.

Le Président annonce la suppression de la séance commune des Commissions 15 (Etude Physique des Comètes) et 20 (Petites Planètes, Comètes et Satellites) suggérée par le Dr S. K. Vsekhsvyatsky vu l'absence de ce dernier et de 50% des membres de la Commission 15.

Le Président fait distribuer un rapport sur 'L'Origine des Comètes, des Météores, de la Matière Météorique et les Problèmes du Système Solaire' de Dr S. K. Vsekhsvyatsky. On y trouve une explication de l'origine planétaire des comètes et des matières météoriques en admettant un volcanisme des planètes.

Dr Waterfield expose ses projets concernant la circulation rapide des informations détaillées sur les comètes. La Commission discute l'utilité d'un système de télégrammes. Il est généralement admis qu'un progrès dans l'étude de la structure des comètes n'est possible que moyennant une distribution immédiate d'information des phénomènes cométaires intéressants. Bien que le nombre des personnes qui utilisent ces informations soit limité, une observation des phénomènes exceptionnels pourrait permettre un progrès important.

Il ressort de cette discussion qu'une description plus détaillée des comètes (halos, rayons dans tête et queue, direction de la queue, variations éventuelles, etc. . . .) serait d'un grand intérêt.

La commission suggère que Mr Swings et Mr Waterfield envisagent ce problème. Les membres de la Commission en seront informés ultérieurement.

La séance se termine par la présentation des planches photographiques d'un 'Atlas of Representative Cometary Spectra' réalisé par P. Swings et L. Haser. L'Atlas était un projet émis lors de la conférence de l'U.A.I. à Rome. Il sera publié en janvier 1956.

Séance du 31 aout 1955

Le Président est encore amené à supprimer la discussion du problème des diamètres des comètes, les principaux intéressés étant absents. La Commission entend un exposé de Dr F. Baldet sur la photométrie des comètes.

F. Baldet insiste sur l'importance de la magnitude globale pour la détermination de la masse des gaz produits par le noyau.

Il rappelle les difficultés apparaissant, dès que l'on veut mesurer avec une précision rationnelle (± 0.1 magnitudes) la magnitude globale d'une comète. Sa méthode de travail consiste à utiliser un objectif mal corrigé, dans lequel les étoiles apparaissent diffuses comme la tête d'une comète, ce qui permet une comparaison immédiate des magnitudes. Ensuite, F. Baldet rappelle la méthode de Beyer: défocalisation progressive de l'image de la comète et de l'étoile de comparaison jusqu'à extinction. Pour éliminer les étoiles du champ, on observe la même région après le passage de la comète et on en déduit l'intensité des étoiles.

Le Président donne lecture des suggestions de Dr Freeman D. Miller qui insiste sur la nécessité d'observations photographiques à l'aide de filtres découpant du spectre une région de 100 Å seulement. De plus, il approuve les suggestions de M. Waterfield émises lors de la séance du 30 août.

J. Dufay propose d'utiliser la méthode de Fabry pour la photométrie monochromatique.

Dr Merton propose, vu les difficultés apparaissant lors de la détermination de la magnitude globale, de mesurer une partie bien déterminée de la tête.

Dr Schmidt confirme la possibilité de mesurer la magnitude globale avec des diaphragmes assez grands du photomètre photoélectrique.

D'après la discussion, il semble que chaque observateur a sa méthode personnelle qui donne des résultats consistants, toutefois la comparaison de séries de mesures des différents observateurs reste impossible.

L'exposé de N. T. Bobrovnikoff sur 'Systematic Errors in the Photometry of Comets' rappelle encore une fois le problème délicat de la photométrie des comètes (voir annexe).

Séance du 2 septembre 1955

La Commission est informée des différences parfois importantes des deux catalogues pour orbites cométaires publiés par F. Baldet et Mlle G. de Obaldia et par J. Bouška. Baldet donne une liste des errata de son catalogue (voir annexe), mais les différences persistent.

Le Président reprend les suggestions faites à Rome (1952) et rappelées dans le Draft Report. On conclut que toutes les suggestions restent valables malgré les progrès faits dans certains domaines.

La Commission entend quelques rapports sur des travaux récents.

F. Whipple décrit son modèle d'une 'éruption' cométaire. Il conçoit plutôt un cataclysme d'une partie de la surface du noyau.

L. Haser discute la possibilité de l'existence des radicaux OH, NH, CN etc. enfermés dans les cristaux de H₂O, NH₃, CO₂, etc. du noyau et stabilisés par de basses températures. Ceci pourrait expliquer l'existence de ces radicaux dans la tête d'une comète à $r=2$ u.A. (voir C.R. 241, 742, 1955).

F. Whipple commente la relation entre comètes et météorites. Il donne une valeur très basse de la densité des météorites (0.05 g./cm.³), valeur assez importante pour la constitution du noyau d'une comète.

Biermann expose son modèle de formation et de structure d'une queue de comète.

F. L. Whipple résume une modification de la théorie de Oort sur l'origine des comètes (voir annexe).

Schmidt donne les premiers résultats obtenus par photométrie monochromatique en forme de distribution d'intensité dans la tête de la Comète Mrkos 1955 e.

Mme L. Herman attire l'attention sur une relation étroite entre les bandes de Swings (C₃) et certaines émissions rouges de la même comète.

SYSTEMATIC ERRORS IN THE PHOTOMETRY OF COMETS

By N. T. Bobrovnikoff

Comparison of photographic determinations of total brightness of comets with nearly simultaneous visual observations shows very large and erratic differences, in general, however, much fainter photographic than visual magnitudes. This comparison is now possible with visual observers (Beyer, Jones, Hopmann and Franz) extending their observations down to 11^m and 12^m. For short-period comets, observations by Jeffers and his collaborators give a systematic difference in respect to visual observations amounting to +2.5^m (but fluctuating from +4.5 to +0.5).

Nearly simultaneous observations of photographic magnitudes by different observers give very discordant results (Van Biesbroek and Herbig, Comet 1925 II).

A study of visual total magnitudes of comet 1943 I has been made by the author. It was found that out of 1554 observations, only thirty-five were made for magnitudes fainter than 9. This is a typical situation in cometary photometry: brighter comets are extensively observed, but fainter comets are neglected. The results of this study are in general agreement with those made previously (*Perkins Observatory Contributions*, nos. 14, 15 and 19), namely, that with increasing diameter of telescope the estimated brightness of a comet becomes lower.

OBSERVATOIRE DE PARIS

CATALOGUE GÉNÉRAL DES ORBITS DE COMÈTES DE L'AN — 466 à 1952

par F. Baldet et G. de Obaldia

Corrections

Pages	No.	Colonnes	Lire
11	1	Référence	Yamamoto
10	3	T	Mai 15
19	182	a	2,22437
21	216	P	3,31445
22	247	a	942,0
22	247	P	28909
22	249	a	3,81905
22	249	P	7,46334
29	353	a	2,21074
28	360	Ω	6,0967
28	360	i	144,6514
30	380	T	16,97934
31	382	q	0,342310
31	382	a	2,21957
31	382	P	3,30675
37	482	a	3,03160
37	482	P	5,27846
40	585	Dés. Provis.	1925 k
42	611	T	Mars
48	735	Dés. Provis.	1948 h = 1949 b
51	755	q	1,39123
51	763	Calculateurs	Ajouter: J. M. Vinter Hansen
54	220	1843, au lieu de 1842	
59		Brorsen. Après 1857 II, ajouter (1862)	
59		Faye. 1881 I au lieu de 1881 V	
59		Reinmuth (I). Après 1935 II, ajouter (1942).	

A COMMENT ON THE ORIGIN OF SHORT-PERIOD COMETS

By Fred L. Whipple

On Oort's Theory of the Cometary Cloud

In the 1952 Liège symposium on Comets, I presented an abstract of some still unpublished research on a more general statement of Oort's theory of cometary perturbations. At that time I thought that there could be found an assumed distribution of potential comet lifetimes (number of revolutions about the Sun in orbits of small perihelion distance) such that the existence of so many periodic comets could be explained by Oort's theory. This effort has not proved successful, at least in terms of a theory involving only the small random perturbations by Jupiter. Short-period comets are too numerous to be explained in this manner.

Although there may be a solution to the problem involving no large changes in the perihelion distance of 'captured' comets as the result of larger perturbations produced by Jupiter, I am now inclined to another type of solution involving a new extension of Oort's original theory. His theory leads to the conclusion that the number of 'new' comets whose perihelia fall near the mean distance of Jupiter greatly exceeds the number with much smaller perihelion distances. Preliminary studies suggest that large perturbations among these comets by close approaches to Jupiter are adequate to explain the high abundance of short-period comets.

A confirmation of these preliminary studies would make the basic principles of Oort's theory of the Cometary Cloud practically unassailable. The theory would predict the presence of physically new as well as 'very old' comets among those of short period.