

22. COMMISSION DES METEORES, DE LA LUMIERE ZODIACALE
ET DES PROBLEMES ANALOGUES

PRÉSIDENT: M. WHIPPLE.

MEMBRES: MM. Astapovich, Baldet, Bates, Bauer, Bečvář, Bousfield, Harrison Brown, Cabannes, Dauvillier, M. Davidson, Dobson, Donitch, Dufay, Elvey, Fedynsky, Fesekov, Mme Flammarion, MM. Gatterer†, Gauzit, Götz, Grandmontagne, Guigay, Guth, Harang, Hey, Hoffmeister, Housman, Jacchia, Kaplan, Karimov, Kastler, Katasev, Kopal, La Paz, Leonard, Levin, Link, Lovell, Meinel, Millman, Nielsen, Nininger, Olivier, Öpik, Pearse, Porter, Prentice, Rahman, Ramanathan, V. M. Slipher, Störmer, O. Thomas, Vandekerkhove, Vassy, Vegard, Watson.

SOUS-COMMISSION DE LA LUMIÈRE ZODIACALE ET DE LA LUMIÈRE
DU CIEL NOCTURNE

PRÉSIDENT: M. DUFAY.

MEMBRES: MM. Barbier, Bates, Bousfield, Cabannes, Chapman, Cousins, Dauvillier, Donitch, Elvey, Fesekov, Gauzit, Götz, Grandmontagne, Harang, Kaplan, Kastler, Tcheng Mao Lin, Link, Meinel, Nicolet, Pearse, V. M. Slipher, Störmer, Swings, Vassy, Vegard.

SOUS-COMMISSION DES CARTES STELLAIRES

PRÉSIDENT: M. MILLMAN.

MEMBRES: MM. Bečvář, Olivier, Prentice.

PROGRESS IN RESEARCH ON METEORS AND METEORITICS

The most striking advance in the study of meteors since 1938 has been the extensive application of radio techniques to this research.* There has also been a continued increase in the application of photography and numerous researches involving atmospheric studies. In addition, real progress has been made towards a full understanding of the formation of meteor streams. The field of meteoritics has been very active, new techniques having been applied to the study of the meteorites themselves, thorough observational analyses of recent falls having been conducted, new meteoritic craters investigated, and new techniques having been applied to the study of micro-meteorites. High lights of the progress in various fields of meteor astronomy are presented below, subdivided according to various subjects.

1. *Radio Techniques.* The most extensive applications of radio techniques to the observation of meteors have been made by the group under the direction of A. C. B. Lovell at the Jodrell Bank Experimental Station of the University of Manchester, England, and by D. W. R. McKinley and Peter M. Millman in conjunction with the National Research Council of Canada at Ottawa. New developments of importance have been made by L. A. Manning and O. S. Villard in conjunction with the Division of Electrical Engineering at Stanford University, U.S.A., by the group under the direction of A. G. McNish at the United States Bureau of Standards in Washington, D.C., and by M. Huruata near Tokyo, Japan.

A most significant result concerning the nature of meteor orbits has been obtained by the English and Canadian groups. Mary Almond, J. G. Davies and A. C. B. Lovell† report on the Manchester studies of meteor velocities measured by the J. G. Davies and

* A neglected reference to pioneer work indicating effects of meteors upon the ionosphere is by N. A. Ivanov in 1931, *Astr. J. U.S.S.R.* **8**, 240-54.

† *Observatory*, **70**, 112-13, 1950.

C. D. Ellyett amplitude-diffraction technique.* Observations were made especially to select meteors with radiants near the Earth's apex in autumn mornings of 1948 and 1949 and near the antapex in February to April 1950. Measures of 266 sporadic meteor velocities from the apex and 87 from the antapex show no evidence of a hyperbolic tail to the frequency-velocity curve. These authors estimate that less than 1% of the total sporadic meteors down to approximately the 6th magnitude can have hyperbolic orbits, if indeed any do. D. W. R. McKinley† reports on 10,933 meteor velocities observed from December 1948 to March 1950 at 32 Mc./sec. by the amplitude-time method and some by the continuous-wave method of L. A. Manning, O. G. Villard and A. M. Peterson.‡ The velocity methods were carefully checked on the Geminids and indicate an average error for a single meteor of 5% with an upper limit of velocity around 150 km./sec. The results are consistent with the conclusion that all of the velocities are elliptical about the Sun with a preponderance of direct motion rather than retrograde. In view of these outstanding observations, coupled with the photographic observations previously reported, it is difficult to maintain the hypothesis that among the meteors of apparent visual magnitude between -4 and +6, or somewhat fainter, there is an appreciable percentage of meteors not belonging to the solar system. The same conclusion may be drawn, but with somewhat less weight, for the meteorites, based upon the relatively few orbital determinations and the theoretical difficulty of the passage of high-velocity large bodies through the atmosphere.

The Manchester group has made an especially valuable contribution by their continued study of the daylight meteor streams. The activity in 1948 has been reported upon by A. Aspinall, J. A. Clegg, A. C. B. Lovell and C. D. Ellyett.§ Continued observations in 1949 and 1950 will be reported upon in detail by A. Aspinall, G. S. Hawkins, J. G. Davies, J. S. Greenhow and Mary Almond. Four distinct streams are now recognized, the α -Cetids of mean date May 19, the Arietids June 8, the ζ -Perseids June 8, and the β -Taurids June 30. These streams all have orbits of small inclination and aphelion distances well within Jupiter. The ζ -Perseids and β -Taurids appear to be the daylight representatives of the greater Taurid stream seen during the night in October and November. Observations of the δ -Aquarids by radar techniques in the daylight add a great deal of information concerning this shower, which has been poorly observed photographically.

The high activity of daytime streams near the summer solstice rather than at other times in the year is explained by the Manchester group as a result of coincidence, a greater actual space density of meteor streams at this period of the year, rather than by any change of the ionosphere concomitant with maximum solar heating. This view is sustained on the basis that other showers that can be observed both during the night and daylight by radio techniques show no discontinuity in the frequency of observed meteors during the twilight period. A notable contributor in the Manchester group is J. A. Clegg, who developed the technique of determining meteor radiants and heights by observations from one radar station.|| Summary articles on the subject of meteor observations by radio techniques have been made by A. C. B. Lovell¶ and by D. W. R. McKinley and P. M. Millman.**

A technique for measuring the deceleration of meteors by radio observations alone has been developed by D. W. R. McKinley.†† He has applied the method in three cases, obtaining decelerations of the same general order of magnitude as was obtained photographically. Besides the important orbital results that can be obtained by this method, McKinley finds a direct measure of the ionizing efficiency of a meteoroid. Applying Lovell's¶ formula for the scattering by electrons in the trail and using the velocity of deceleration to determine the mass of material distributed along the trail, McKinley

* *Phil. Mag.* ser. 7, **40**, 614-26, 1949.

† *Astrophys. J.* **113**, 225-67, 1951.

‡ *J. Appl. Phys.* **20**, 475, 1949.

§ *M.N.R.A.S.* **109**, 352-64, 1949.

|| *Phil. Mag.* ser. 7, **39**, 577-94, 1948.

¶ *Phys. Soc. Rep. Prog. Phys.* **11**, 415-44, 1948; and *Science Prog.* **38**, 22-42, 1950.

** *Proc. I.R.E.* **37**, 364-75, 1949.

†† *J. Appl. Phys.* **22**, 202-13, 1951.

finds that the ionizing efficiency is the order of 10^{-6} at 60 km./sec., and 10^{-8} at 20 km./sec. in terms of the total energy of the meteor. These values are several orders of magnitude smaller than those adopted by Herlofson* from previous meteor theory.

There has been almost no theoretical progress recently with regard to the detailed phenomenon of interaction of meteoric molecules and atoms with atmospheric gases, nor with regard to the general problem of meteor luminosity and ionization. On the other hand, pertinent observational material has been accumulating rapidly, and it is hoped that theoretical progress can be made soon.

The activities of the Stanford group in the study of radio meteors have been concentrated largely on the problem of measuring wind velocities in the upper atmosphere.† The winds so derived (average = 125 km./hr. at altitudes of 90–110 km.) are comparable to those obtained from visual observations of meteor trains. The studies are not advanced sufficiently far to show systematic seasonal effects clearly, although marked systematic changes in wind direction are indicated. C. D. Ellyett‡ discusses this general problem and the effect of atmospheric turbulence on the oscilloscope traces of meteor trains observed at various frequencies.

Development of photo-electric equipment for meteor observations has been carried out by Barbara and D. W. R. McKinley.§

A. Kalashnikov|| has developed a new type of equipment and has observed transient magnetic effects apparently caused by the transit of a few of the brightest meteors in major showers of 1948–50.

2. *Photography.* The use of photography in the study of meteors has increased markedly during the past few years. In addition to the continuing Harvard programme, an extensive programme of double-station meteor photography has been carried out in the U.S.S.R. by L. Katasev, A. Bakharev, N. Grishin and others,¶ and in Japan by H. Hirose and K. Tomita.** The latter have derived the velocities and spatial orbits of three meteors, L. Katasev¶ the orbits of ten, and F. L. Whipple†† has discussed the statistical data from forty-five. Much more detailed observational material will be available in the near future. All orbits with aphelion distances less than 11 a.u. show ecliptic inclinations less than 30° , with the exception of two observed by Katasev. On the other hand, the longer orbits show very high inclinations. No hyperbolic orbits have yet been certainly observed. All observers note the strong similarity between short-period orbits with aphelion less than 5.2 a.u. and the orbits of asteroids with perihelion distance less than 1 a.u. It appears probable that we are dealing with two types of objects: (1) comet debris, and (2) asteroidal debris. It will be quite difficult, however, to be certain of the origin of particles in the overlapping regions of orbital characteristics.

Further progress in determining densities and temperatures in the upper atmosphere from photographic meteor data has been made by L. Jacchia,‡‡ and seasonal variations have been determined by F. L. Whipple, L. Jacchia and Z. Kopal.§§ The Harvard programme, sponsored by the U.S. Naval Bureau of Ordnance, involves the construction of Super-Schmidt§§ meteor cameras designed by J. G. Baker. These cameras, the first two of which were completed by the Perkin-Elmer Corporation in 1951, are of aperture 31 cm., focal length 20 cm. and field diameter 55° . Similar cameras are being constructed for the Canadian group at Ottawa. The performance of the first camera is excellent.

Single-station photographs of meteors have been conducted by A. Bakharev and S. Mayeva of the U.S.S.R., at Skalnaté Pleso in Czechoslovakia, and by P. M. Millman

* *Phys. Soc. Rep. Prog. Phys.* **11**, 444–54, 1948.

† L. A. Manning, O. G. Villard and A. M. Peterson, *Proc. I.R.E.* **38**, 877–83, 1950.

‡ *Phil. Mag. ser. 7*, **41**, 694–700, 1950.

§ *Can. J. Phys.* **29**, 1111–21, 1951.

|| *C.R. Acad. Sci. U.S.S.R.* **66**, 373–6, 1949.

¶ *Stalinabad Publ.* **3**, no. 1, 1950; *Stalinabad Circ.* Nos. 83–4, 1950.

** *Proc. Jap. Acad.* **26**, 23–8, 1950.

†† *Astr. J. U.S.A.* **54**, 53, 1948.

‡‡ *Harv. Reprint Series*, 11–26, 1–30, 1948; *ibid.* 11–31, 1–36, 1949; *ibid.* 11–32, 1–12, 1949.

§§ *The Atmospheres of the Earth and Planets* (ed. by G. P. Kuiper; Chicago: Univ. of Chicago Press, 1949), chap. v, pp. 149–58; *Sky and Tel.* **8**, 1–11, 1949.

in Canada. Millman's single-station photographic observations of the great Giacobinid shower in 1946 have been reduced in detail by L. Jacchia, Z. Kopal and P. M. Millman* (206 meteors). Analyses of photographic radiants, daily motions and cosmic spread of radiants have been made for the Taurid, Orionid and Leonid showers by F. W. Wright and F. L. Whipple.

P. M. Millman† has completed an analysis of 104 photographic meteor spectra. Present are FeI, NaI, CaI, MgI, MnI, CrI, NiI, AlI, CaII, MgII and SiII with FeO questionable. The state of excitation increases markedly with meteor velocity and to a lesser extent with distance along the trail. Millman has also obtained the spectrum of a meteor train (or wake?) between the breaks made by a rotating shutter. The state of ionization is markedly less than in the trail proper; only neutral recombination lines of very low excitation are present.

3. *Visual Observations.* The most active groups of visual observers reporting to the President have been the meteor section of the Czechoslovakian Astronomical Society at Prague (under the leadership of V. Guth to June 1949, and M. Plavec since June 1949), and the American Meteor Society. Important observations were made under the leadership of A. Bečvář at Skalnaté Pleso. Reductions were made by Z. Ceplecha under the supervision of V. Guth, including the observations of the December Ursids and the detection of two new streams. A large number of visual observations were made in conjunction with the Canadian radio-meteor programme under the direction of P. M. Millman.

From Perseid observations in 1950, M. Plavec has shown that the frequency of telescopic meteors (6–9 mag.) is forty times smaller than the frequency for naked-eye meteors. This suggests the separation of smaller particles from the stream, possibly according to the Poynting-Robertson Effect.

C. P. Olivier‡ has compiled the results of telescopic observations by members of the American Meteor Society. He has also compiled the rates of visually observed meteors in terms of frequency versus magnitude. Observations of telescopic meteors were conducted in Stalinabad§ and in Ashkhabad||. E. Kramer considers it probable that the Quadrantid shower is related to Comet 1939a.¶

A monograph entitled *Meteorströme* (in the German language with long English language chapter summaries) has been written by C. Hoffmeister. He deals at length with the problem of identifying group radiants from observations of single trails. Of particular value are his observations with artificial meteors leading to a determination of the relation between apparent and actual brightness as dependent upon velocity. He includes many valuable observational data, particularly with regard to the meteoric activity of various areas of the sky as a function of the longitude of the Sun. He includes useful tables of functions for use in the reduction of visual observations of meteors. He separates meteor streams into cometary streams (18%), ecliptical (or planetary) streams (29%) and a large interstellar component (53%).

4. *Trains and Fireballs.* P. M. Millman** shows that for the Perseids the curves relating the log of duration to magnitude have the same slope for the duration of trains and the duration of radar echoes. Also, as observed previously for trains, by Millman and Robbins, this slope increases with the velocity of the meteor. He concludes that the train and ionization are, therefore, related. M. Plavec†† from analysis of 17,625 trains finds more evidence that the percentage of short enduring trains increases with geocentric velocity (Leonids 64% and Geminids 6%). Meteor trains were studied by V. G. Fesenkov, V. Tsesevich and A. Bakharev in the U.S.S.R. A multiple exposure photograph of a Perseid train was obtained by Wm. Liller at Harvard in 1950. L. Kresák‡‡ presents

* *Astr. J.* **III**, 104–33, 1950.

† *Nature*, **165**, 1013–14, 1950.

‡ *Proc. Amer. Phil. Soc.* **94**, 327–35, 1950.

§ A. Bakharev, *Stalinabad Publ.* **3**, no. 1, 1950.

|| I. Astapovich, *Astr. Circ. Acad. Sci. U.S.S.R.* No. 68, 1947; *ibid.* Nos. 76–7, 1948.

¶ *Astr. Circ. Acad. Sci. U.S.S.R.* Nos. 96–9, 1950.

** *J. Roy. Astr. Soc. Can.* **44**, 209–20, 1950.

†† *Bull. Astr. Inst. Czech.* **1**, 87–91, 1949.

‡‡ *Ibid.* **1**, 55–9, 1948.

evidence that there are two major concentrations in the height of the end points for trains. A detailed theory for the radiation from persistent meteor trains is badly needed.

The definitive orbits of a number of fireballs have been published, particularly in the *Bull. Astr. Inst. Czech., Pop. Astr. U.S.A.*, in journals of the U.S.S.R. and by A. V. Nielson.

5. *Analysis and Theory*. Extensive theoretical analyses of the Perseid meteor shower have been made by G. Guigay* and by S. Hamid.† To explain the long duration of the Perseid shower, Guigay postulates that it must have been derived from the break-up of an older comet, of which he finds five other comets in addition to the generally recognized Comet 1862 III. Hamid, on the other hand, calculates the past secular perturbations of Comet 1862 III and concludes that it was most likely captured by Jupiter some 343 revolutions ago. He accounts for the spread of the shower and diffuseness of radiants by the effect of essentially random perturbations by the planets, particularly Jupiter, the meteoric particles having been ejected at relatively small velocities according to the Comet Model theory developed by F. L. Whipple.‡

M. Plavec§ has calculated the secular perturbations of the Geminid stream from the Harvard photographic elements. Because of the rapid motion of the line of nodes, he predicts a short lifetime for the stream. F. L. Whipple and S. Hamid,|| applying secular perturbations to the individual orbits of Taurid meteors observed at Harvard, find that the widespread nature of the stream cannot be easily accounted for by random effects, but probably arises from the encounter of Comet Encke or its parent comet with an asteroidal body some 5000 years ago and again more recently some 1500 years ago. The greater Taurid stream differs from others so far observed in that there is a range of nearly a factor of 2 in perihelion distance correlated with the longitude of the Sun.

M. Plavec¶ and S. P. Wyatt, Jr. and F. L. Whipple,** have further studied the Poynting-Robertson Effect with regard to meteor streams. Such effects have not yet been demonstrated and lead to rather great lifetimes for the showers as compared to the lifetimes based upon other evidence. Many important deductions concerning meteoritic material in the solar system have been deduced by E. Öpik†† in the new *Irish Astronomical Journal*. His deductions concerning the sweeping effects of the planets on the interplanetary material are of extreme importance, as are his further deductions with regard to the relationship to the Zodiacal Light and the effects of dust on the planets. M. Plavec‡‡ has provided some very useful formulas for the calculation of the distances between two orbits and the prediction of meteor showers. F. Link§§ has studied the concentration of meteor dust in the Earth's and other planetary atmospheres. V. Bumba and F. Link||| have searched for relations between meteor phenomena and the solar cycle, lunar cycle and seasonal effects.

L. Jacchia¶¶ has made extensive analyses of the Harvard photographic meteor observations for the study of upper atmospheric phenomena. He concludes that meteor flares arise from fragmentation and deduces considerable empirical information concerning the nature of the meteoric process and the temperatures and densities in the Earth's upper atmosphere. More theory of the meteoric process has been presented by R. N.

* *Jour. des Observateurs*, May 1947 to Jan. 1948.

† Doctoral Thesis, Harvard University, 1950.

‡ *Astrophys. J.* **111**, 375-94, 1950; *ibid.* **113**, 464-74, 1951.

§ *Circ. I.A.U.* Nos. 1211-1949; *Nature*, **165**, 362, 1950.

|| *Pop. Astr.* **55**, 185-6, 1950 (abstract).

¶ *C.R. Acad. Sci.* **231**, 469-70, 1950.

** *Astrophys. J.* **111**, 134-41, 1950.

†† *Irish Astr. J.* **1**, 37-47, 1950; *ibid.* **1**, 80-96, 1950; *Proc. Roy. Irish Acad.* **54**, 165-99, 1951.

‡‡ *Bull. Astr. Inst. Czech.* **2**, 33-5, 1950.

§§ *Ibid.* **2**, 1-6, 1950.

||| *Ibid.* (various articles, 1949-50); and *Publ. Obs. Prague*, No. 20, 1949.

¶¶ *Technical Reports, Harv. Coll. Obs. and Mass. Inst. of Technol.* 1947-50. Also as *Harv. Obs. Reprints*.

Thomas and F. L. Whipple,* K. P. Stanyukovich and Fedynsky.† J. S. Rinehart‡ with G. E. Hansche§ present observational data of high interest with regard to the impact of high-velocity projectiles and air drag on cubes. Analyses of velocities and masses of visual meteors have been made by B. Levin.|| He concludes that the overwhelming majority of meteors have direct motion and re-determines velocity estimates made previously.

6. *Meteoritics*. The greatest meteorite fall in nearly forty years, that at Sikhote-Alin, of February 12, 1947, has been thoroughly studied by four expeditions of the Meteorite Committee of the Academy of Sciences of the U.S.S.R. The work has been carried out under the direction of V. G. Fesenkov,¶ with E. Krinov,** S. Fonton and others. More than 100 craters of unusual character, ranging from 0.6 to 28 m., were studied; several thousand fragments as well as more than 300 individual meteorites with a total weight of more than 37 tons were recovered. The largest single specimen, 1.7 tons, constitutes the largest observed iron-meteorite fall. Fesenkov and N. B. Divari†† determined that the incoming orbit of the meteorite was of the asteroidal type. From a study of the melted crust, Krinov found evidence for spraying of the iron meteorite. K. Stanyukovich and V. Fedynsky differ from E. Krinov in their explanations of the explosive actions taking place at or near the ground.

The Norton-Furnas (Kansas-Nebraska, U.S.A.) fall of February 18, 1948, has provided the largest single example (more than one metric ton) of a stony meteorite, a friable enstatite achondrite. This meteorite fall, investigated by a party from the Institute of Meteoritics of the University of New Mexico under the direction of L. La Paz,‡‡ provides vital clues to the understanding of the formation and origin of meteorites. In a preliminary mineralogical analysis C. W. Beck and L. LaPaz§§ conclude that the meteorite shows in its slickensided surfaces, its abnormal development of the cleavage, its highly-strained, glassy, enstatite phenocrysts, and in certain other peculiarities, convincing evidence of having undergone such metamorphic action as accompanies the crustal movements incidental to mountain-making on a planetary scale.

The interval of this Report not only covers the largest observed falls of irons and stones, but also the discovery of two new meteorite craters, one of which may dwarf the Arizona crater and the other of which may be second to it in dimensions. The probable meteoritic origin of the Wolf Creek Crater in Australia was suggested and investigated by F. Reeves and N. B. Sauve.|||| The crater appears to be roughly circular, more than 850 m. in diameter, and 60 m. deep. If meteoritic in character, it cannot be of recent origin; no meteorites were found in a cursory examination.

The great crater at Ungava, Quebec, Canada (tentatively called the Chubb crater because F. W. Chubb, a prospector, called attention to it) shows good promise of being the largest meteorite crater so far recognized on Earth. It is nearly circular, some 3000 m. in diameter. Its possible meteoritic origin was suggested by V. B. Meen¶¶ who with Chubb flew to the crater and inspected it cursorily. The crater walls slope inwardly at about a 45° angle and outwardly at a mean angle of 25°. The crater contains a lake from which the walls rise approximately 80–150 m. No evidence of volcanic action could be found, nor evidence of meteorites. Since there is no glaciation apparent, Meen estimates the age at some 3000 to 15,000 years.

With regard to all four of the above important meteoritic events, the President hopes that further thorough studies may be made with the best techniques of modern

* *Astr. J. U.S.A.* **56**, 49, 1951 (abstract).

† *Meteoritics, U.S.S.R.* **7**, 1950.

‡ *Pop. Astr.* **58**, 458–64, 1950.

§ *Ibid.* 467–8, 1950 (abstract).

|| *Astr. J. U.S.S.R.* **26**, 116, 1949; *Meteoritics, U.S.S.R.* **7**, 112, 1950.

¶ *Nauka i Zhizn*, No. 11, 1947; *Astr. J. U.S.S.R.* **24**, no. 5, 302 and no. 6, 302, 1947.

** *Rep. Acad. Sci. U.S.S.R.* (new ser.), **59**, 459–62, 1948.

†† *Astr. J. U.S.S.R.* **25**, no. 1, 66–73, 1948.

‡‡ *Publ. Astr. Soc. Pacific*, **61**, 63–73, 1949.

§§ *Pop. Astr.* **57**, 85–7, 1949.

|||| C. H. Holmes, *Walkabout Mag., Australia*, **14**, 10–16, 1948; *Sky and Tel.* **8**, 163–4, 1949.

¶¶ *J. Roy. Astr. Soc. Can.* **44**, 169–80, 1950.

science. In particular, it is to be hoped that studies may be made of the microscopic fragments or fine dust surrounding the falls or craters. The discovery by H. H. Nininger* of condensation globules near the Arizona meteor crater shows the possibility of ascertaining much more information concerning the interaction of large meteoritic bodies with the atmosphere. Such studies should, in fact, provide much better estimates of the loss of matter by the meteoroid and thereby the heat transfer coefficient to the surface.

Because of the great activity in the field of meteoritics, no competent review of the subject can be presented here. Results of much activity on meteorites in the U.S.S.R. are published in the new bulletin *Meteoritics* edited by the Academy of Sciences. E. Krinov and I. Judin, A. Trofinov and E. K. Gerling have been active contributors. In 1949–50 the first and second All Union Conferences were held in Moscow. A. N. Zavaritsky has studied the mineralogical composition and micro-structure of all of the meteorites in the collection of the U.S.S.R. Academy of Sciences and is producing a monograph on the subject. L. Kvasha has established the presence of bound water (in chlorite) in two meteorites.

In the U.S.A. many contributions on meteoritics are published by the Meteoritical Society in *Popular Astronomy*. Active contributors include L. LaPaz, F. L. Leonard, H. H. Nininger, S. H. Perry, C. C. Wylie and others. J. D. Buddhue† has written an extensive article on meteoritic dust. Considerable interest has developed in recent years concerning the micro-meteorites in the Earth's atmosphere, on the surface and in the ocean beds. Of particular interest in this connection are the extremely valuable studies by H. Pettersson and H. Rotschi‡ of the nickel content in deep-sea sediments. There is discussion of the astronomical problem by E. Öpik.§ The evidence is becoming rather convincing that a considerably larger mass of material enters the Earth's atmosphere in the form of micro-meteorites than as visual, radar detectable, and larger meteoroids.

A comprehensive bibliography of meteorite literature up to the year 1950 is being carried out by H. Brown of the University of Chicago, U.S.A., under a project sponsored by the Rockefeller Foundation. The project will include the micro-filming of all literature, recording the status of all available collections and making detailed analysis of many meteorites. Preliminary arrangements have been made for the establishment of a Commission on Meteorites within the International Council of Scientific Unions (see Recommendations below). H. Brown and Claire Patterson|| have made an important contribution concerning the composition of meteoritic material and relationship to a postulated planetary origin of the meteorites. Other contributions by H. Brown concern the isotopic abundance of various elements in meteorites and their cosmological significance.

H. H. Nininger and A. D. Nininger have published *The Nininger Collection of Meteorites*, and their *An Introduction to Meteoritics* is soon to be published by the University of Denver Press, U.S.A.

Report from the Sub-Commission on Star Charts. A. Bečvář is willing to undertake the construction of the new star charts for meteor observers.

RECOMMENDATIONS FOR COMMISSION 22 (METEORS AND METEORITICS)

1. That a Commission on Meteorites be formed within the International Council of Scientific Unions, the International Astronomical Union to be the mother organization and the new commission to have representation by the Chemistry Union and the International Geological Congress. (Harrison Brown.)
2. To intensify the work on the gathering of visual observations of fireballs that drop meteorites and their study, with the aim of a determination of meteor orbits.
3. To study meteor craters and funnels from the point of view of the mechanical and explosive influence of meteorites upon the Earth's surface.

* *Sci., U.S.A.*, **113**, 755–6, 1951.

† *Publications in Meteoritics*, Univ. of New Mexico, No. 2, 1950.

‡ *Nature*, **166**, 308, 1950.

§ *Irish Astr. J.* **1**, no. 5, 145–58, 1951.

|| *J. Geol.* **55**, 405–11 and 508–10, 1947; *ibid.* **56**, 85–111, 1948.

4. To conduct the determination of the number and heights of telescopic meteors with different instruments and with different base lines.

5. To publish the results of photographic determinations of heights and meteor velocities for each section of the photographic trail. (Recommendations 2-5 were made by V. D. Fedynsky, B. J. Levin and E. L. Krinov.)

6. To intensify investigations of micro-meteorites and meteoric dust by all available techniques. (F. L. Whipple.)

FRED WHIPPLE
President of the Commission

SOUS-COMMISSION DU CIEL NOCTURNE ET DE LA LUMIÈRE ZODIACALE
SPECTRE D'ÉMISSION NOCTURNE DE LA HAUTE ATMOSPHÈRE

P. Swings⁽¹⁾ a publié en 1948 un rapport détaillé sur les spectres du ciel nocturne et des aurores, qui a servi de base aux discussions de la Sous-Commission à l'Assemblée de Zürich. La même année ont paru la deuxième édition complétée de l'important ouvrage de I. A. Khvostikov⁽²⁾, qui traite de tous les problèmes posés par l'étude du ciel nocturne et le compte-rendu de la Conférence internationale sur les spectres d'émission du ciel nocturne et des aurores réunie à Londres, en 1947, sous les auspices du Gassiot-Committee de la Royal Society⁽³⁾. On pourra aussi se reporter, pour tous les travaux antérieurs, à la mise au point publiée en 1949 par D. R. Bates⁽⁴⁾ et consacrée à l'étude de la haute atmosphère en général. D'utiles renseignements se trouvent encore dans le compte-rendu, du Colloque International sur les relations entre les phénomènes solaires et géophysiques⁽⁵⁾, organisé à Lyon, en 1947, par le Centre National de la Recherche Scientifique. De nouveaux colloques relatifs au ciel nocturne, aux aurores polaires et aux phénomènes connexes, dont les comptes-rendus n'ont pas encore paru, ont été réunis à London (Ontario) en juillet et à Liège en septembre 1951.

Depuis 1948, l'effort des observateurs a porté surtout sur l'exploration de la région infrarouge qui était encore la plus mal connue, et, accessoirement, sur la région visible du spectre.

Région infrarouge. Avec un spectrographe à réseau très lumineux, donnant une dispersion de 250 Å./mm., A. B. Meinel⁽⁶⁾ a découvert, en 1948, un grand nombre de radiations nouvelles entre 7000 et 9000 Å., dont les plus fortes ont été retrouvées par J. Dufay⁽⁷⁾ avec des spectrographes à prismes moins dispersifs. Parmi elles, Meinel⁽⁸⁾ a tout d'abord identifié la bande (0,1) du système 'atmosphérique' de O₂ (¹Σ → ³Σ), puis les bandes de vibration-rotation (4,0), (5,1), (6,2), (7,3), (7,2), (8,3) et (9,4) de la molécule OH, qui rendent compte de toutes les autres radiations observées⁽⁹⁻¹¹⁾. Chaque bande est représentée par un maximum important au début de la branche R, un autre au début de la branche Q et par les raies individuelles de la branche P, qui sont même dédoublées dans les bandes les plus fortes (niveau ²Π). La même structure apparaît sur les clichés obtenus par J. et M. Dufay⁽¹²⁾, avec le nouveau spectrographe de J. Cojan⁽¹³⁾ (2 prismes de 24 cm. de hauteur, couvrant un objectif de 160 mm. de longueur focale, ouvert à F/0,65), bien que sa dispersion soit plus petite dans l'infrarouge (588 Å./mm. à 7500 Å., 855 Å./mm. à 8500 Å.).

Au delà de 9000 Å., les plaques photographiques actuelles manquent encore de sensibilité et on doit se servir de cellules au caesium sur argent. Jusqu'en 1948, la seule observation valable dans cette région concernait une radiation très intense, peut-être 100 fois plus forte que la raie verte, de longueur d'onde voisine de 10.440 Å. J. Stebbins, A. E. Whitford et P. Swings l'avaient isolée approximativement en associant divers filtres à une cellule photoélectrique (1944) et ils l'avaient attribuée à la bande (0,0) du premier système positif de l'azote. Au moyen d'un spectrographe lumineux et d'un convertisseur électronique, qui transforme l'image infrarouge en une image visible sur un écran fluorescent, V. J. Krassovsky est parvenu à photographier le spectre jusque vers 11000 Å. Avec un spectrographe très peu dispersif (7000 Å./mm.), il n'a d'abord observé, en 1948, que deux fortes radiations, vers 8600 et 10400 Å.⁽¹⁴⁾, mais l'année

suivante⁽¹⁵⁾, avec une dispersion accrue (1200 Å./mm. à 8800 Å., 2400 Å./mm. vers 11000 Å.), il a montré qu'il n'y avait aucune radiation intense à 10400 Å. Il a découvert par contre une série de bandes nouvelles sans en indiquer d'abord l'origine. Compte tenu du pouvoir de résolution du spectrographe, on y reconnaît facilement toutes les bandes de OH prévues dans cette région spectrale: (3,0), (4,1), (5,2), (8,4) et (9,5)^(16, 17). Il semble toutefois qu'une radiation étrangère au système se superpose à la bande (9,5); c'est très probablement la bande (0,2) du système atmosphérique de O₂ (9965 Å.).

Plus récemment, G. E. Kron⁽¹⁸⁾ a exploré aussi le spectre du ciel entre 0,8 et 1,1 μ, au moyen d'un multiplicateur d'électrons associé à un monochromateur de quartz, qui isolait des intervalles d'environ 400 Å. de large. Bien que le pouvoir de résolution soit bien inférieur à celui de l'appareil de Krassovsky, Kron constate que les maxima observés correspondent encore bien aux bandes de OH et il confirme l'absence de toute radiation intense à 10440 Å.

On ne saurait trop insister sur l'importance des bandes de OH dans l'énergie rayonnée par le ciel nocturne. Elles rendent compte de la brillance considérable du ciel dans le proche infrarouge, signalée par Grandmontagne dès 1937. D'après les mesures photo-électriques de F. E. Roach, Helen Pettit et D. R. Williams⁽¹⁹⁾, les bandes du proche infrarouge observables avec leur cellule rayonnent environ $4 \cdot 10^{10}$ quanta/cm.²/sec., soit, en moyenne 80 fois plus que la raie 5577 Å. de [OI] ($4 \cdot 10^8$ quanta/cm.²/sec.) et 220 fois plus que le doublet du sodium ($1,8 \cdot 10^8$ quanta/cm.²/sec., d'après Roach et Barbier). Il est d'ailleurs bien probable que les bandes les plus fortes n'ont pas encore été observées: elles se trouveraient entre 1,1 et 4,5 μ.

Région visible. La région rouge du spectre a été étudiée par C. T. Elvey⁽²⁰⁾ avec un spectrographe de Cojan à 1 prisme (type C₁, dispersion 650 Å./mm. à 6000 Å., 1050 Å./mm. à 7000 Å.), par M. K. Vainu Bappu⁽²¹⁾, avec un spectrographe peu ouvert ($F/4$), mais bien plus dispersif (120 Å./mm. à 5200 Å.) et par J. Cabannes, J. Dufay et M. Dufay⁽²²⁾ avec le nouveau spectrographe Cojan à 2 prismes (296 Å./mm. à 6000 Å., 488 Å./mm. à 7000 Å.). Des poses de 100 heures ont permis à Vainu Bappu d'observer des radiations assez intenses, notamment vers 5700 et 5400 Å., dont plusieurs pourraient correspondre, selon l'auteur, à des bandes du 1er système positif de l'azote. Cabannes et ses collaborateurs ont trouvé d'autre part, entre 5800 et 6900 Å., une vingtaine de radiations, pour la plupart nouvelles, qui appartiennent toutes au système de vibration-rotation de OH, avec la même structure que dans le proche infrarouge (bandes (5,0), (6,1), (7,2), (8,2) et (9,3)). Les plus intenses d'entre elles ont été identifiées indépendamment par Meinel⁽²³⁾ sur d'anciens clichés de H. W. Babcock et par C. W. Gartlein⁽²⁴⁾, qui utilise un spectrographe plus dispersif. Entre 5800 et 9000 Å. au moins, on ne trouve pas trace du 1er système positif de N₂.

Dans le vert, M. Dufay⁽²⁵⁾ est parvenu à caractériser la bande (7,1), dont l'observation est rendue difficile par la proximité de la forte raie [OI] 5577 Å. La branche Q est pratiquement inséparable de la raie, la branche R est quelquefois visible du côté violet et la branche P est résolue en raies individuelles du côté rouge.

Le système de vibration-rotation de OH peut encore donner des bandes plus faibles au-dessous de 5400 Å. Il semble que les bandes (6,0) et (9,2) figurent sur certains clichés à longue pose de D. Barbier. La première avait probablement été observée par J. Dufay⁽⁴⁾ dès 1932. J. Hunaerts et M. Nicolet⁽²⁶⁾ ont proposé de faire intervenir les bandes faibles de la région bleue pour interpréter certains détails des anciennes mesures de J. Cabannes et J. Dufay (1944) et signalé des coïncidences remarquables avec les diverses composantes de la bande (9,1), superposée à la bande (2,14) du système A → X de l'azote (4423 Å.).

Températures de rotation et altitude de l'émission. La résolution des bandes de OH permet une bonne détermination de la température de rotation. Les mesures soignées de Meinel⁽¹¹⁾ et celles, plus grossières, de J. Cabannes, J. Dufay et M. Dufay^(22, 12) donnent 260° K. Mais l'étude de la bande (0,1) de O₂ conduit à une valeur beaucoup plus basse, voisine de 150° K.^(27, 12). En une seule occasion, où la bande était fortement exaltée, Meinel signale que la température de rotation a atteint 200° K.

Cependant, d'après les observations de Meinel⁽²⁷⁾, les 2 systèmes de bandes semblent émis sensiblement à la même altitude. Dans le cas de OH, des mesures photoélectriques d'un caractère préliminaire de F. E. Roach, Helen Pettit et D. R. Williams⁽¹⁹⁾ indiquent environ 70 km. Il est donc possible que, dans l'un des deux cas au moins, la répartition des molécules sur les niveaux de rotation ne corresponde pas à un équilibre thermique. Meinel pense que la température déterminée au moyen de la bande de O₂ est bien celle de l'atmosphère à l'altitude de 80 km. environ, où les ascensions des fusées ont montré l'existence d'un minimum de température.

Mécanismes de l'émission. D. R. Bates et M. Nicolet⁽²⁸⁻³⁰⁾ ont étudié dans le détail les mécanismes pouvant conduire à l'émission des bandes de OH. Le rayonnement solaire ultraviolet ($\lambda < 2400 \text{ \AA}$., mais surtout $\lambda < 1800 \text{ \AA}$.) dissocie facilement les molécules H₂O jusqu'à une altitude inférieure à 70 km.



de sorte que tout l'hydrogène doit finalement apparaître à l'état atomique. Une grande partie peut s'échapper dans l'espace, mais l'oxygène demeure et il est curieux de constater que la quantité d'oxygène contenue actuellement dans l'atmosphère est du même ordre de grandeur que celle qui aurait pu se former par dissociation de l'eau durant les temps géologiques ($\sim 10^9$ années).

Parmi les réactions subséquentes, l'action des atomes d'hydrogène sur les molécules d'ozone est celle qui rend le mieux compte de l'excitation des bandes de Meinel



(Bates et Nicolet, Herzberg). Les molécules OH sont produites dans l'état normal ²Π, avec une énergie de vibration capable d'atteindre le niveau $v=9$, et non pas $v=10$. Or, dans le spectre du ciel nocturne, on observe justement, avec une grande intensité les bandes dont le niveau initial est $v=9$, mais aucune bande de niveau supérieur. Bien que la réaction fasse intervenir deux constituants peu abondants dans l'atmosphère, elle peut se produire assez fréquemment, puisqu'elle n'exige que des chocs doubles.

En ce qui concerne les bandes atmosphériques de O₂, il est intéressant de noter que le niveau $v'=0$ (¹Σ) se trouve privilégié dans les expériences qui ont permis à J. Kaplan⁽³¹⁾, puis à R. et L. Herman⁽³²⁾ d'exciter les bandes au laboratoire⁽³³⁾. Il en est de même dans la haute atmosphère, où l'on n'observe, en émission, que la bande (0,1) et, sans doute, la bande (0,2). La bande (0,0) est certainement émise avec une intensité bien plus grande, mais elle est entièrement réabsorbée dans la basse atmosphère. Il est donc possible que le mécanisme de l'émission soit le même dans les deux cas. Ce pourrait être, suivant Kaplan⁽³⁴⁾ la recombinaison de 2 atomes d'oxygène au moment d'un choc triple. Bates⁽³⁵⁾ a suggéré d'autre part que les molécules O₂ ¹Σ ($v > 0$) pouvaient échanger leur énergie de vibration avec des molécules normales O₂ ³Σ ($v=0$) avant de retomber au niveau ³Σ en émettant les bandes atmosphériques. Cependant les autres systèmes de bandes électroniques observées dans le spectre du ciel ne montrent pas l'intervention d'un mécanisme semblable. Enfin, des expériences récentes de Kaplan⁽³⁶⁾ montrent, dans la phosphorescence d'un mélange He—O₂—H₂O un renforcement de la bande (0,1) en même temps que l'apparition de bandes appartenant à divers systèmes, parmi lesquelles figureraient probablement les bandes de OH. Kaplan pense que la réaction (2) est capable d'exciter à la fois les bandes de OH ($v'=4$, 1,64 eV.) et la bande de O₂ ($v'=0$, 1,62 eV.).

ALTITUDE DES COUCHES LUMINESCENTES

La détermination de l'altitude des couches luminescentes reste un des problèmes fondamentaux de l'étude optique de la haute atmosphère. On procède toujours, suivant la méthode dite de Van Rhijn, en comparant les intensités des radiations près du zénith et près de l'horizon. La mise en œuvre des résultats exige des corrections appropriées pour l'absorption et la diffusion dans la basse atmosphère. Cette question a été mise définitivement au point par D. Barbier⁽³⁷⁾.

On a vu déjà que les premières mesures de Roach, Pettit et Williams⁽¹⁹⁾ indiquaient environ 70 km. dans le cas des bandes infrarouges de OH. Par contre, des mesures de Huruata⁽³⁸⁾ dont la réduction n'est pas à l'abri de toute critique, ont donné 300 km. environ.

Pour les raies 5577 et 6300 Å. de [OI], on se trouvait, en 1948, en présence de résultats contradictoires. Les auteurs s'accordaient seulement à reconnaître la non-uniformité de brillance des couches lumineuses, au moins sous les latitudes moyennes, établie notamment par les mesures spectrophotométriques de J. Dufay et Tcheng Mao Lin. Mais, tandis que ceux-ci concluaient—provisoirement—à des altitudes basses, de l'ordre de 100 km. pour 5577 Å., de 180 km. pour 6300 Å., A. Vassy, E. Vassy et P. Abadie étaient conduits à imaginer l'existence de deux couches lumineuses aux environs de 65 et 1000 km., la deuxième de beaucoup la plus brillante. Enfin, Elvey et Miss Farnsworth trouvaient, par spectrophotométrie photographique, des altitudes intermédiaires, de l'ordre de 500 km.

Dans l'espoir de rencontrer des phénomènes plus simples aux basses latitudes, P. Abadie, A. Vassy et E. Vassy^(39, 40) ont effectué de nouvelles mesures photoélectriques à Tamanrasset (Hoggar, $\Phi = +22^\circ 42'$), dans d'excellentes conditions de transparence atmosphérique. L'emploi de filtres interférentiels leur permettait de mieux isoler les raies brillantes. Une seule couche suffit maintenant à représenter leurs résultats, mais son altitude varie systématiquement au cours de la nuit: voisine de 800 ou même de 1200 km. au début de celle-ci, elle tombe progressivement vers la fin à 400 ou 300 km. L'altitude correspondant à la raie rouge surpasse de 100 km. à 200 km. celle de la raie verte. Les auteurs songent à expliquer cette variation par un affaissement général de l'atmosphère provoqué par le refroidissement nocturne.

D'autre part, avec le photomètre enregistreur automatique à multiplicateur d'électrons de D. Marlow et J. C. Pemberton⁽⁴¹⁾, F. E. Roach et D. Barbier^(42, 43) ont obtenu pour la raie verte, en Californie, une altitude invariable d'environ 110 km. En $\frac{1}{2}$ heure, l'appareil permet d'étudier la répartition de la brillance sur tout le ciel, pour 2 radiations. A cet effet, 2 filtres interférentiels se succèdent rapidement, à quelques secondes d'intervalle, devant l'objectif du photomètre. La bande de transmission de l'un d'eux est centrée sur la raie verte, celle du second sur la longueur d'onde $\lambda = 5210$ Å. Comme on connaît le rapport des intensités à 5577 et 5210 Å. dans le spectre continu du ciel nocturne (étoiles faibles et lumière zodiacale), il est possible de tenir compte de la portion du spectre continu transmise par le filtre 5577 Å. Loin d'être négligeable, celle-ci représente bien souvent plus de la moitié de la lumière transmise par le filtre. C'est faute d'en tenir compte que P. Abadie, A. Vassy et E. Vassy trouvent des altitudes trop élevées (puisque le spectre continu provient pratiquement de l'infini).

Les recherches ont été poursuivies avec des photomètres analogues, à Cactus Peak (Californie) par F. E. Roach et Miss Helen B. Pettit⁽⁴⁴⁾, et à l'Observatoire de Haute-Provence, par D. Barbier, D. R. Williams et J. Dufay⁽⁴⁵⁾. Ces deux séries de mesures ont conduit à relever très sensiblement l'altitude d'émission de la raie verte. Le premier groupe d'observateurs aboutit à environ 250 km. et le second obtient 215 km., avec une méthode de réduction assez différente. Les observations de Haute-Provence ont montré d'autre part qu'il devait se produire, à très haute altitude (460 km.), une *émission continue*, couvrant à la fois la région de la raie verte et la bande spectrale de comparaison centrée sur 5180 Å.

Dans le cas de la raie jaune du sodium, J. Dufay et Tcheng Mao Lin trouvaient en moyenne 80 km. pendant la nuit, en bon accord avec les observations crépusculaires. P. Abadie, A. Vassy et E. Vassy⁽⁴⁰⁾ indiquent environ 800 km., tandis que Roach et Barbier^(42, 43, 46) trouvent 280 km., en comparant encore les intensités transmises par 2 filtres interférentiels (5893 et 5210 Å.). Les déterminations de Dufay et Tcheng sont plus douteuses pour les raies jaune et rouge que pour la raie verte. Avec leur spectrographe à très faible dispersion, muni d'une fente large, le tracé du spectre d'apparence continue, encore assez sûr à 5577 Å., devient plus incertain vers les grandes longueurs d'onde et une erreur de tracé relativement minime a déjà une influence notable sur

l'altitude. Une autre cause d'erreur intervient certainement, dont il est encore difficile de préciser l'importance, dans toutes les mesures faites avec des filtres ou un spectrographe à fente large. Les bandes de vibration-rotation (9,3) et (8,2) de OH se superposent respectivement aux raies 6300 et 5893 Å. et, comme elles sont émises au-dessous des raies brillantes, leur effet doit tendre à diminuer l'altitude apparente. Un effet analogue, mais certainement plus petit, est encore à craindre dans le cas de la raie 5577 Å., à laquelle se superpose la bande plus faible (7,1).

RECHERCHES DIVERSES RELATIVES AUX RAIES ATOMIQUES

Les longues séries de mesures entreprises en vue des déterminations d'altitude renseignent en même temps sur les variations d'intensité sporadiques ou saisonnières. Ainsi, Roach et Barbier⁽³⁹⁾ ont trouvé que la raie 5893 Å. était en moyenne 7,1 fois plus forte en novembre-décembre 1948 qu'en juillet 1949 ($3,2 \cdot 10^8$ et $4,5 \cdot 10^7$ quanta/cm.²/sec.). L'amplitude de la variation saisonnière en Californie est donc du même ordre de grandeur que dans le sud de la France (rapport des moyennes mensuelles de novembre-décembre et de juin-juillet = 8,1, d'après Dufay et Tcheng).

De même, en ce qui concerne la raie verte, les observations de Cactus Peak⁽⁴⁴⁾ et celles de Haute-Provence⁽⁴⁵⁾ apportent des renseignements sur les variations d'intensité d'une heure à l'autre, d'une nuit à l'autre et sur la variation annuelle. Elles permettent de tracer la carte des isophotes à des intervalles de temps de l'ordre de $\frac{1}{2}$ heure et de voir comment elle se déforme au cours de la nuit. En Haute-Provence, par exemple, où les mesures ont été effectuées pendant plus d'un an, on constate que la ligne de maximum présente le plus souvent une orientation générale est-ouest et qu'elle passe au sud du zénith. La raie est donc, en moyenne, plus forte au sud qu'au nord. Ce serait le contraire en Californie. Dans les deux stations, on a mis en évidence des déplacements systématiques de la ligne de maximum au cours de la nuit, Huruwata⁽³⁸⁾ a observé des déplacements analogues au Japon, dans le cas du rayonnement infrarouge et il leur attribue une très grande vitesse.

J. Bricard et A. Kastler⁽⁴⁷⁾ ont examiné la polarisation de la raie verte en photographiant des franges de Savart-Lyot. Aucun effet positif n'a été constaté et la polarisation semble pratiquement inexistante. La sensibilité du dispositif permet en tous cas d'affirmer que la proportion de lumière polarisée est plus petite que 1,5 %, valeur bien inférieure à celle trouvée autrefois par Khvostikov (14 %). Des expériences analogues⁽⁴⁸⁾ ont conduit Bricard et Kastler à des résultats semblables dans le cas de la raie rouge et la polarisation de la raie jaune nocturne est aussi bien inférieure à 14 %.

La longueur d'onde de la raie $^3P_1-^1D_2$ de [OI] ($\sim 6363,8$ Å.), qui n'a jamais fait l'objet de mesures précises, est à peine connue à 0,1 Å. près. Pour combler cette lacune et fixer plus exactement les niveaux d'énergie les plus bas de l'atome d'oxygène, J. Cabannes, J. Dufay et M. Dufay ont photographié les anneaux produits par les raies 6300 et 6364 Å. pendant la nuit et au crépuscule, au moyen d'étalons interférentiels à couches multiples⁽⁴⁹⁾. Les résultats de leurs mesures seront prochainement publiés.

PHOTOMETRIE GLOBALE ET COLORIMETRIE

Il est intéressant de comparer, même en lumière totale, la brillance du ciel en diverses stations. E. O. Hulburt⁽⁵⁰⁾ a effectué visuellement de telles mesures à Whiteface Mountain (N.Y. $\Phi = +44^\circ 30'$), dans le Maryland ($\Phi = +38^\circ 32'$), à Bikini ($\Phi = +11^\circ 35'$) et près de Bocaiuva (Brésil, $\Phi = -17^\circ 32'$) sans trouver de différence systématique dans la brillance du ciel au zénith. En moyenne, celle-ci était voisine de $3,8 \cdot 10^{-8}$ à $4,1 \cdot 10^{-8}$ bougie/cm.² (120 à 130 millimicrolamberts). A 15° de l'horizon, le ciel était un peu plus sombre, près du niveau de la mer dans le Maryland ($5,9 \cdot 10^{-8}$ b./cm.²) qu'à Bocaiuva ($7,9 \cdot 10^{-8}$ b./cm.²), à 670 mètres d'altitude. Même en tenant compte de la lumière diffusée dans la basse atmosphère, suivant la méthode de Piotrowski, Hulburt constate qu'il est impossible de représenter les variations de brillance du zénith à l'horizon dans

l'hypothèse d'une couche lumineuse unique, mince et uniforme. Le fait n'est pas surprenant, puisque les mesures visuelles font intervenir, outre la raie verte, diverses bandes d'émission et surtout le spectre continu qui provient en partie des étoiles faibles. A. Bocaiuva, R. A. Richardson et E. O. Hulburt⁽⁵¹⁾ ont aussi étudié les variations de la brillance du ciel pendant le crépuscule.

Des comparaisons photométriques simultanées ont été faites en U.R.S.S., à Siméïs et à Partisanovka par V. B. Nikonov et E. K. Nikonova⁽⁵²⁾. Les auteurs, qui utilisaient des cellules à gaz, avec cathodes Cs-Sb, ont trouvé une brillance plus élevée dans la deuxième station que dans la première (différence 0,32 magn.). Mais, comme leurs mesures n'ont été faites que pendant six nuits, ils ne peuvent assurer que la différence observée soit permanente.

Avec son photomètre binoculaire, H. Garrigue a effectué, en avion, à haute altitude, des mesures de brillance qui n'ont pas encore été publiées.

R. Grandmontagne et Ch. Delestrade⁽⁵³⁾ ont publié les résultats de mesures colorimétriques relatives faites de mars 1947 à mai 1948 avec le photomètre photoélectrique enregistreur de Grandmontagne, muni de 5 filtres colorés. Ils montrent des variations très sensibles de la couleur du ciel, d'allure souvent capricieuse. Le rapport des intensités des radiations bleues et des radiations rouges est passé par un large maximum centré sur juin 1947, qui pourrait correspondre à un effet crépusculaire prolongé autour du solstice d'été.

EMISSIONS CRÉPUSCULAIRES ET POST-CRÉPUSCULAIRES

Na. Tous les travaux récents prouvent qu'au crépuscule les raies *D* sont émises par résonance optique. A. Kastler (1940), puis J. Bricard et A. Kastler (1944) avaient déjà mis en évidence la grande finesse des raies crépusculaires. En collaboration avec R. Robley⁽⁵⁴⁾ ils ont complété la démonstration en établissant que l'ensemble des 2 raies présentait bien le degré de polarisation prévu dans le cas de la résonance (environ 9% à 90° du Soleil). L'expérience a été faite à Abisko ($\Phi = +68^\circ$), en comparant, comme dans le cas de la raie verte, le contraste des franges de Savart-Lyot observées à travers deux glaces également inclinées autour d'axes croisés. Mais la forte polarisation du ciel crépusculaire est ici très gênante. Bricard, Kastler et Robley ont éliminé le spectre continu en projetant les deux systèmes de franges sur la fente, largement ouverte, d'un spectrographe à la fois dispersif et lumineux (4 prismes, $F/1$). La décomposition de composés sodiques par le rayonnement ultra-violet aurait donné des raies plus larges complètement dépourvues de polarisation. Il est donc devenu inutile de discuter le processus de chimiluminescence proposé par R. Penndorf⁽⁵⁵⁾ pour rendre compte de l'excitation des raies *D* au crépuscule, en se basant sur les mesures d'altitude de Végard et Kvitte. D'ailleurs les mesures d'altitude de J. Dufay⁽⁵⁶⁾, faites en visant, comme Végard, au zénith et près de l'horizon, étaient déjà favorables à la résonance optique.

C'est dans cette hypothèse, désormais certaine, que D. Barbier⁽⁵⁷⁾ a interprété ses mesures de l'intensité de la raie jaune par rapport au spectre continu, méthode avantageuse à certains égards. Aucune couche *mince* ne peut représenter fidèlement ses résultats (la solution la moins mauvaise correspondrait à l'altitude 80 km., valeur obtenue par J. Dufay). Mais la représentation devient bien meilleure si l'on admet que les atomes de sodium forment une couche épaisse dont la base est à 70 km. du sol et dont la densité diminue exponentiellement avec l'altitude. En accord avec les idées de Chapman (1938) et avec les observations d'Elvey et Farnsworth (1942), Barbier trouve que la densité du sodium, entre 70 et 110 km. au moins, resterait proportionnelle à la densité générale de l'atmosphère (1 atome N_α pour $8 \cdot 10^{11}$ atomes ou molécules). Au total, il y aurait environ $5 \cdot 10^9$ atomes de sodium dans une colonne verticale de 1 cm.² de section. Par d'autres moyens, Bricard et Kastler (1944) avaient obtenu un nombre du même ordre de grandeur ($\geq 8 \cdot 10^9$).

Pour l'étude des raies *D* crépusculaires, J. Blamont et A. Kastler⁽⁵⁸⁾ ont mis au point un dispositif photométrique très intéressant. Il comprend un filtre interférentiel et 2 polaroïds, entre lesquels on a placé un cristal de quartz épais, taillé parallèlement

à l'axe, exactement d'onde pour *chacune* des deux raies *D* et dont les lignes neutres sont à 45° des vibrations transmises par le polariseur. Le spectre continu qui traverse l'appareil présente ainsi des cannelures noires très serrées. Quand on fait tourner l'analyseur avec une vitesse constante, les cannelures oscillent, mais le flux que reçoit un multiplicateur d'électrons à 17 étages demeure pratiquement constant. Au contraire, le flux transporté par les raies D_1 et D_2 varie périodiquement entre un certain maximum et un minimum nul. La fraction variable du courant photoélectrique est seule amplifiée dans un amplificateur à bande passante étroite, synchronisé sur la fréquence de modulation. Avec ce montage, les auteurs ont obtenu déjà des mesures satisfaisantes. La répartition du sodium en altitude ne semble pas pouvoir être représentée par une exponentielle unique. Alors qu'entre 70 et 90 km., la 'hauteur d'échelle' trouvée par Barbier est 8 km., elle serait de l'ordre de 85 km. entre 130 et 200 km. d'altitude. Le nombre total des atomes contenus dans une colonne verticale de 1 cm² de section, au-dessus de l'Observatoire de Haute-Provence, serait de l'ordre de $3 \cdot 10^{10}$ (septembre 1950).

J. Dufay et Tcheng Mao Lin (1944) avaient signalé qu'il subsistait à l'ouest, bien après la fin du crépuscule du soir, un renforcement sensible de la raie jaune, beaucoup moins important que celui des raies rouges. Si ce phénomène était encore produit par résonance optique, il indiquait la présence d'atomes de sodium jusqu'à plusieurs centaines de km. d'altitude. D. Barbier et F. E. Roach⁽⁵⁹⁾ l'ont retrouvé et étudié en détail au moyen de leur photomètre photoélectrique. Ils ont montré qu'il n'avait aucun rapport avec la lumière zodiacale et, dans l'hypothèse de la résonance optique, ils en ont tiré la répartition des atomes de sodium en altitude. Au dessus de 170 km., leur nombre par cm.², à l'altitude h est bien représenté par la formule exponentielle

$$n = 1,4 \cdot e^{-h/250}.$$

Cette distribution s'accorde bien avec l'altitude moyenne mesurée par Roach et Barbier pendant la nuit (où le mécanisme de l'émission doit être tout différent), à condition d'admettre que les atomes Na situés entre 70 et 100 km. ne participent pas à l'émission nocturne. Mais elle diffère profondément de la distribution trouvée par Barbier entre 70 et 110 km., d'après ses observations crépusculaires. Si, entre 200 et 600 km., la densité du sodium restait proportionnelle à la densité générale de l'atmosphère, la température devrait être de l'ordre de 6000° K. Il est donc probable qu'aux hautes altitudes les atomes Na se raréfient beaucoup moins vite que ceux des autres gaz et c'est là un argument très sérieux en faveur de l'origine extra-atmosphérique du sodium.

Cette conclusion rejoint celle d'une étude théorique de D. R. Bates et M. Nicolet⁽⁶⁰⁾: des considérations très générales leur montrent qu'aucun mécanisme ne paraît susceptible d'exciter les raies *D* pendant la nuit, au-dessus de 100 km., à partir du sodium contenu dans l'atmosphère. Mais, si des atomes de sodium atteignant l'atmosphère avec une grande énergie étaient responsables de l'émission, l'effet Doppler correspondant serait appréciable. Le problème de l'excitation *nocturne* des raies *D* n'est donc pas résolu.

[OI], 6300 et 6364 Å. L'émission crépusculaire des raies rouges a été moins étudiée ces dernières années. Les mesures de Barbier⁽⁴⁶⁾ montrent que, si, comme il y a tout lieu de le croire, l'oxygène n'est pas dissocié en atomes au-dessous de 80 km., la résonance ne peut rendre entièrement compte de l'émission observée au crépuscule du soir. On sait du reste, depuis les observations d'Elvey et Farnsworth (1942) qu'il existe aussi, dans ce cas, une émission différée.

La distribution verticale de l'oxygène atomique a fait l'objet d'une étude théorique détaillée de la part de R. Penndorf⁽⁶¹⁾. Partant de la dissociation des molécules O₂ par l'ultraviolet solaire et de la recombinaison des atomes par chocs triples, Penndorf montre que la couche de transition doit avoir environ 10 km. d'épaisseur. Avec une altitude moyenne comprise sans doute entre 100 et 110 km., elle se situe juste au-dessous de la région E. Pendant la nuit, la concentration des atomes O change assez peu (toujours de moins de 16%), elle est pratiquement constante au-dessus de 120 km.

[OI], 5577 Å. J. et M. Dufay⁽⁶²⁾ ont constaté un léger renforcement systématique de la raie verte au crépuscule du soir. A 17° de l'horizon ouest et pour des dépressions solaires

comprises entre -11 et -18° , l'intensité de la raie serait en moyenne 2 fois plus grande environ qu'au début de la nuit, c'est sensiblement l'ordre de grandeur qu'on peut attendre d'un phénomène de fluorescence: absorption du rayonnement solaire 2972 Å., portant les atomes du niveau 3P_1 au niveau 1S_0 , puis passage spontané au niveau 1D_2 , avec émission de 5577 Å.

[N1], 5199 Å. En photographiant le spectre de la lumière zodiacale aussitôt après la fin du crépuscule, G. Courtès⁽⁶³⁾ a enregistré pendant 3 soirées consécutives, avec une assez grande intensité, la raie 5199 Å., en même temps que la bande 4277 Å. de N_2^+ . Mais, sur d'autres clichés obtenus ensuite, dans des conditions semblables, la raie est invisible.

Ces observations ont conduit M. Dufay^(64, 65) à rechercher systématiquement la présence de la raie 5199 Å. dans les spectres nocturnes et crépusculaires, avec le spectrographe à 2 prismes de Cojan (180 Å./mm. à 5200 Å.). L'étude de plus de 50 spectrogrammes obtenus à l'Observatoire de Haute-Provence, de mai 1950 à septembre 1951, a montré que la raie était régulièrement excitée à la fin du crépuscule et au début de l'aube. Elle est en effet présente sur toutes les poses (de 1^h à 3^h) commencées, le soir, quand le soleil est à 12° environ au-dessous de l'horizon, ou terminées le matin pour la même dépression solaire (on vise à 79° du zénith). Quand les poses commencent plus tard le soir ou s'achèvent plus tôt le matin, la raie est encore observée quelquefois, mais avec une faible intensité. Enfin, pendant la nuit, la raie n'a été photographiée que 3 fois, en été. Son absence est particulièrement frappante sur des clichés à longue pose faites pendant les nuits d'hiver, qui montrent un spectre continu assez intense et où la structure de rotation de la bande (7,1) de OH est très apparente. Les observations ne permettent pas encore de savoir si les phénomènes du soir et du matin sont bien symétriques.

Il est probable que l'émission de la raie 5199 Å. suive simplement l'absorption du rayonnement solaire 3466 Å., qui porte les atomes au niveau métastable 2P , d'où ils retombent presque aussitôt sur le niveau 2D , et, plus tard, sur le niveau 4S . Admettant l'existence préalable d'atomes d'azote libres et négligeant toute autre cause d'excitation et de désexcitation, M. Dufay a examiné l'équilibre des niveaux 4S , 2D et 2P en présence du rayonnement solaire, assimilé à celui d'un corps noir à 6000° K. Il correspond à $2,2 \cdot 10^{-6}$ atomes 2D et $1,6 \cdot 10^{-10}$ atomes 2P pour 1 atome 4S , mais il ne s'établit que très lentement. Les calculs montrent qu'il suffirait d'un faible degré de dissociation des molécules d'azote pour rendre compte de l'intensité des raies observées.

N_2^+ . Les recherches de M. Dufay^(66, 67) et celles de P. Swings et Nicolet⁽⁶⁸⁾ ont montré que l'excitation crépusculaire des bandes de N_2^+ était bien un phénomène pratiquement quotidien. Les bandes apparaissent dès que le spectre continu est suffisamment affaibli, mais leur intensité diminue beaucoup quand l'atmosphère n'est plus éclairée qu'à partir d'une altitude h supérieure à 130 km. Les deux séries d'observations s'accordent donc pour fixer aux environs de 100 km. l'altitude *apparente* de l'émission.

D'après Swings et Nicolet, les émissions du matin et du soir sont plus symétriques et plus régulières que celles des raies D . L'intensité des bandes varie plus lentement que celle des raies en fonction de h : elle diminue environ de moitié quand h augmente de 10 km. autour de 80 à 90 km. Leurs observations ont été faites pendant une période de calme magnétique; M. Dufay, qui signale des variations plus importantes d'un jour à l'autre, a trouvé d'autre part une corrélation nette avec l'agitation magnétique.

Swings et Nicolet signalent encore que l'intensité relative des bandes (0,0) et (0,1) rappelle celle qu'on observe dans des aurores de grande altitude, éclairées par le soleil. Cette apparence avait été signalée par M. et J. Dufay (1947) un soir où les bandes étaient particulièrement fortes, mais les mesures spectrophotométriques ultérieures de M. Dufay⁽⁷⁾ ont donné au contraire une répartition des intensités voisine de celle observée par Vegard dans des aurores ordinaires d'altitude plus basse.

Si l'excitation a lieu par résonance optique, à partir de molécules ionisées préexistantes, l'altitude *apparente* de l'émission est un peu inférieure à l'altitude vraie. Si, au contraire, des molécules neutres sont à la fois ionisées et excitées par un rayonnement de très courte longueur d'onde ($\lambda < 660$ Å.), l'altitude vraie peut être beaucoup plus grande.

L'étude théorique des deux mécanismes a conduit D. R. Bates⁽⁶⁹⁾ à la conclusion que, même si le 2e pouvait intervenir dans la production des molécules N_2^+ , le 1er serait le plus efficace pour les exciter. La structure des bandes observée par M. Dufay est compatible avec la résonance optique, mais elle demanderait à être étudiée avec une dispersion plus grande.

Bande 6500 A. Elvey et Farnsworth avaient annoncé un renforcement de la bande 6500 A. au crépuscule (1942). Des observations récentes d'Elvey⁽²⁰⁾ et des mesures inédites de M. Dufay montrent que ce phénomène n'a pas d'existence réelle: l'apparence résultait du découpage du spectre solaire, observé avec une faible dispersion, par les bandes d'absorption atmosphérique. La radiation est aujourd'hui identifiée: il s'agit de la bande (6,1) de OH. Aucune bande de OH ne semble manifester de renforcement crépusculaire.

Bande O_2 (1,0). Par contre Meinel⁽²⁷⁾ a annoncé que la bande (0,1) de O_2 (8665 A.) était renforcée au début du crépuscule.

SPECTRES DES AURORES

L'étude générale des aurores polaires sort du cadre de ce rapport. Mais, comme les spectres auroraux révèlent un autre type d'excitation des gaz de la haute atmosphère, il paraît utile de résumer ici très brièvement les nouvelles connaissances acquises à leur sujet. L'étude des spectres des aurores a bénéficié en effet, comme celle du spectre du ciel nocturne, de la construction des nouveaux spectrographes lumineux à pouvoir de résolution accru et des progrès très importants ont été réalisés grâce aux observations de A. B. Meinel dans le proche infrarouge (6,70-76,35), de L. Vegard^(77,78), C. W. Gartlein⁽³⁵⁾, R. Robley, J. Bricard et A. Kastler⁽⁷⁹⁾ dans la région visible et à celles de D. Barbier et D. R. Williams⁽⁸⁰⁾ dans le violet et l'ultraviolet.

Raies atomiques. La présence générale des raies interdites de N I, à côté de celles de O I, est aujourd'hui bien établie. Depuis longtemps Vegard et ses collaborateurs attribuent des radiations aurorales aux raies permises des mêmes atomes, mais ces identifications ont été critiquées à plusieurs reprises, notamment par Nicolet (3, 5). En 1948, Meinel (6, 74, 75) a mis hors de doute la présence de fortes raies de O I et de N I entre 7700 et 8800 A. Une liste des radiations attribuables à ces deux atomes a été dressée par J. Dufay⁽⁸¹⁾. Plus récemment, avec un nouveau spectrographe de Cojan, lumineux et très dispersif (40 A./mm. à 4000 A., 99 A./mm. à 5000 A., 188 A./mm. à 6000 A.; F/1,2), Vegard a obtenu d'excellents clichés où la présence des raies de O I et de N I est tout à fait évidente. Barbier et Williams l'ont également confirmée. Il est aussi impossible de mettre en doute l'identification de plusieurs raies de N II et de quelques raies de O II. Barbier et Williams confirment l'existence, signalée par Vegard, d'une radiation étroite à 3727 A., qui paraît bien correspondre au doublet interdit de O II. Par contre, l'absence de la raie 3188 A. les conduit à rejeter la présence des raies de l'hélium, annoncée par Vegard et par R. Bernard. De même, les raies de O III et N III semblent définitivement absentes.

Un intérêt particulier s'attache à l'étude des raies de Balmer, découvertes dans les aurores par L. Vegard et par C. Störmer, et qui y apparaissent élargies. Au cours de la grande aurore des 18-20 août 1950, Meinel⁽⁷³⁻⁷⁶⁾ a pu déterminer, avec un spectrographe à réseau, le contour de la raie H_α , observée près de l'horizon magnétique et près du zénith magnétique. Dans le 1er cas elle est élargie symétriquement, dans le 2eme elle montre un profil tout à fait dissymétrique: le centre de la raie est décalé d'une dizaine d'angströms vers le violet et l'aile violette de 71 A. (vitesses radiales correspondantes: 450 et 3300 km./sec.). Cette observation capitale confirme l'origine extra-atmosphérique des atomes d'hydrogène postulée par Vegard. Elle apporte la preuve de l'arrivée dans la haute atmosphère de protons de grande vitesse, probablement d'origine solaire. Leur vitesse extrême dépasse largement celle qui était prévue d'après le retard des aurores sur les phénomènes solaires (800 à 1600 km./sec.). Gartlein⁽⁸²⁾ a observé, sur la raie H_α près du zénith magnétique, un déplacement extrême correspondant à une vitesse plus petite (1350 km./sec.). Mais, d'après la pénétration des protons dans l'atmosphère,

Meinel⁽⁷⁶⁾ estime que leur vitesse, à l'arrivée dans les couches les plus élevées de l'atmosphère, doit être encore beaucoup plus grande ($\sim 2 \cdot 10^9$ cm./sec.). Comme il y a relativement peu d'électrons libres dans la haute atmosphère, la recombinaison qui provoque l'émission des raies de Balmer doit se produire au dépens d'atomes ou de molécules neutres. C'est seulement après avoir perdu une grande partie de leur énergie, par chocs successifs contre ces particules neutres, que les protons deviennent capables d'arracher des électrons à celles-ci.

La mise en évidence des protons paraît apporter une confirmation de première importance à la théorie corpusculaire des aurores développée par Chapman⁽⁸³⁾. Si les protons et les électrons atteignent l'atmosphère avec la même vitesse, les premiers pénètrent plus profondément et sont bien responsables de l'excitation primaire, comme l'avait suggéré Swings⁽⁸⁴⁾ (Meinel et Gartlein constatent en effet que la forte émission de H_α coïncide avec le début des aurores). Mais, dans cette hypothèse, le retard des aurores sur les phénomènes solaires devient difficile à comprendre. Si les protons et les électrons atteignent l'atmosphère avec la même énergie, comme il résulterait des modifications apportées par Martyn à la théorie de Chapman et Ferraro, les électrons pénétreraient au contraire bien plus profondément, mais alors il est difficile d'expliquer l'observation de la raie H_α à une altitude relativement basse.

Bandes moléculaires. La présence du 1er système négatif de N_2^+ , des 1er et 2eme systèmes positifs et du système de Vegard-Kaplan de N_2 est bien connue. Barbier et Williams trouvent que les bandes du 2eme système positif ont les mêmes intensités relatives que dans les tubes à décharge, mais il n'en est pas de même dans le cas des bandes négatives. Les séquences $v' - v'' = -1$ et -2 sont, en particulier, relativement plus fortes dans les aurores. La répartition des intensités parmi les bandes de Vegard-Kaplan diffère tout à fait de celle observée dans le ciel nocturne.

Dans la région visible, la présence du 1er système négatif de O_2^+ avait été prévue par Nicolet⁽³⁾. M. Nicolet et R. Dogniaux⁽⁸⁵⁾ ont calculé les profils que ces bandes devaient montrer dans les aurores et les observations récentes de Vegard confirment leurs prévisions (bandes (2,0) et (3,1) de 5231 à 5295 Å., bande (0,0) de 5977 à 6010 Å.). Les spectres 'synthétiques' construits par les mêmes auteurs pour les bandes du 1er système positif de N_2 , du système négatif de N_2^+ seront également très utiles pour la discussion détaillée des attributions. Nicolet et Dogniaux prévoient aussi l'observation de quelques bandes β de NO, qui peuvent être rapprochées de radiations observées par Vegard.

Enfin, dans le rouge extrême et le proche infrarouge, Meinel^{((71, 72, 74, 75)} a découvert un nouveau système de bandes de N_2^+ . Il s'agit de la transition $A^2\Pi \rightarrow X^2\Sigma$ entre le niveau $^2\Pi$, cherché en vain depuis longtemps, et le niveau normal $^2\Sigma$ des molécules ionisées. Comme ce système n'a jamais été observé au laboratoire, la probabilité de la transition (permise) doit être très petite, de sorte que l'émission du nouveau système exige la présence, dans la haute atmosphère, de nombreuses molécules N_2^+ .

Région des ondes centimétriques. P. A. Forsyth, W. Petrie et B. W. Currie⁽⁸⁶⁾ ont observé, en 1949, une émission aurorale dans la région 3000 mégacycles ($\lambda \sim 10$ cm.). Les impulsions arrivaient au hasard, à des intervalles de l'ordre du centième de seconde. Cette découverte peut ouvrir une voie nouvelle aux recherches relatives aux aurores.

LUMIÈRE ZODIACALE ET GEGENSCHIN

La lumière zodiacale est toujours suivie avec attention par nombre d'amateurs (voir notamment *Popular Astronomy*). Des observations qualitatives sont certes fort utiles et il est souhaitable qu'elles soient poursuivies assidûment, mais il n'en est pas moins certain qu'elles ne suffiront pas à résoudre le problème de la lumière zodiacale.

Photométrie. Huruhata⁽⁸⁷⁾ a publié des mesures photoélectriques de la brillance de la lumière zodiacale faites à Tokyo de 1945 à 1949, d'abord avec une cellule au caesium (surtout sensible dans le rouge), puis avec une cellule à l'antimoine (surtout sensible dans le bleu). La brillance du ciel nocturne à la même hauteur est retranchée de la brillance mesurée et les observations sont corrigées de l'absorption atmosphérique, au moyen des

facteurs de transmission utilisés pour les étoiles, ce qui n'est pas rigoureusement correct. Des lectures faites sur Sirius permettent d'exprimer la brillance en nombre équivalent d'étoiles de 5e magnitude par degré carré. L'auteur constate, d'une année à l'autre, d'importants changements de brillance sur l'axe de la lumière zodiacale, à la même distance du Soleil. On verra plus loin l'interprétation qu'il en donne.

On doit aussi signaler les mesures visuelles de Richardson et Hulburt à Bocaiuva⁽⁵¹⁾ et les tentatives de Donitch^(88, 89) pour tracer les isophotes de la lumière zodiacale sur les photographies qu'il a obtenues à Tamanrasset (Hoggar).

Spectrophotométrie. Un intéressant travail spectrophotométrique a été effectué par M. G. Karimov⁽⁹⁰⁾, au moyen d'un spectrographe muni d'une chambre de Schmidt ouverte à $F/1$ (dispersion 330 Å./mm. à 5577 Å.). L'instrument était installé dans une station de montagne près de Alma-Ata (Kasakstan). Karimov a comparé les intensités des raies 5577, 6300 et 5893 Å. sur l'axe de la lumière zodiacale et à 20° au sud de celui-ci, à la même hauteur au-dessus de l'horizon et il a constaté que les deux raies de [O I] étaient sensiblement renforcées sur la lumière zodiacale (rapports moyens: 1,40 pour 5577 Å., 1,53 pour 6300 Å.). Pour la raie 5893 Å., le renforcement était tantôt important, tantôt inappréciable. Il serait important de confirmer les résultats de ces observations, rendues difficiles par l'excitation post-crépusculaire des raies rouges et jaunes et qui, dans le cas de la raie verte, se trouvent en contradiction avec les mesures préliminaires de D. I. Eropkin et N. A. Kosirev (1935) et de J. Cabannes et J. Dufay (1935).

D'après l'auteur, le spectre continu ne rend compte que de 22 à 25 % de la brillance de la lumière zodiacale. La distribution de l'énergie y serait différente de celle du spectre continu du ciel nocturne; elle pourrait être représentée par la superposition de plusieurs courbes de corps noirs, à des températures différentes, mais l'indice de couleur résultant (+0,53) est voisin de celui du Soleil.

Polarisation. En plaçant devant l'objectif de son photomètre photoélectrique un filtre polarisant, auquel il donne successivement deux orientations différant de 90°, pour laisser passer la vibration parallèle, puis la vibration perpendiculaire au plan contenant le Soleil et la ligne de visée, Huruata⁽⁸⁷⁾ a mesuré la proportion de lumière polarisée à différentes distances angulaires du Soleil. Les valeurs obtenues sont bien du même ordre de grandeur que celles présentées par Tcheng Mao Lin et J. Dufay à l'Assemblée de Zürich⁽⁵⁾ (mesures photographiques), mais elles sont plus dispersées. Il est vrai que l'auteur donne seulement les proportions de lumière polarisée corrigées de la brillance du ciel nocturne, dont il suppose la lumière dépourvue de polarisation. Loin du Soleil, la correction est fort importante et une incertitude relativement petite sur la brillance du ciel modifie beaucoup le degré de polarisation.

Avec un de ses polariscopes très sensibles (comportant des bandes de cellophane demi-onde et un analyseur biréfringent), B. Lyot⁽⁹²⁾ a pu suivre visuellement la polarisation, le long de l'écliptique, jusqu'à des distances considérables du Soleil.

Origine de la lumière zodiacale. Suivant une suggestion de Whipple (1940), Huruata⁽⁸⁷⁾ attribue la plus grande partie de la lumière zodiacale à la diffusion de la lumière solaire par les météorites de l'essaim des Taurides, qui circulent le long de l'orbite de la comète d'Encke. A partir de la vitesse orbitale et de la section de l'essaim (résultant de l'étude photographique de Whipple), il évalue la densité relative des particules le long de l'orbite et prévoit des variations de brillance en accord avec ses mesures photométriques. Il lui semble possible d'expliquer, dans la même hypothèse, le degré de polarisation observé, ainsi que les déviations de l'axe de la lumière zodiacale par rapport à l'écliptique. Il convient cependant d'observer que cette théorie ne s'appuie encore que sur un bien petit nombre de mesures photométriques: 6 soirées ou matinées en tout, 2 en lumière rouge (1945 et 1947), 4 en lumière bleue (1947, 1948, 1949).

On sait que, dans son intéressante théorie de la couronne solaire, van de Hulst⁽⁹³⁾ rattache la lumière zodiacale à la 'composante non polarisée' de la couronne. Si les particules ne polarisent pas la lumière dans la couronne, à de petites distances angulaires du Soleil, on est bien forcé de constater qu'elles donnent une polarisation assez forte à des distances angulaires plus grandes. En supposant que la polarisation de la lumière

zodiacale provient de la diffusion de la lumière solaire par des électrons libres, F. L. Whipple et J. L. Gossner⁽⁹⁴⁾ trouvent qu'à 60° du Soleil la lumière diffusée par les électrons ne pourrait rendre compte que de 1/4 environ de la brillance observée. Mais il faudrait 800 à 1000 électrons par cm.³ (suivant la loi de répartition dans l'espace) et les auteurs jugent cette densité excessive. Ils cherchent alors à attribuer la polarisation à la diffusion de la lumière par un nuage de particules solides centré sur le Soleil. A partir des mesures de polarisation faites par B. Lyot (1929) sur diverses substances pulvérulentes, ils trouvent une proportion de lumière polarisée approchant de l'ordre de grandeur voulu, toutefois encore un peu faible ($\leq 10\%$).

Huruhata⁽⁸⁷⁾ remarque de son côté que la composante 'F' de la couronne paraît trop brillante pour qu'on puisse en rendre compte au moyen des essais de météorites. Mais il note que la vitesse radiale des particules des Taurides pourrait expliquer le déplacement vers le rouge des raies de Fraunhofer observé dans la couronne par Moore (1922).

Whipple⁽⁹⁵⁾ considère la lumière zodiacale comme résultant de la diffusion de la lumière solaire par un nuage de particules météoritiques provenant de la désintégration des comètes. Ces particules tombent sur le Soleil, en décrivant des spirales (effet Poynting-Robertson) perturbées par l'attraction des planètes. Elles rendent ainsi compte de la 'composante à raies de Fraunhofer' de la couronne, suivant la suggestion de van de Hulst et de Allen. L'équilibre dynamique peut être maintenu par un apport de particules météoritiques de 1 tonne par seconde. Or, si les comètes ont leurs noyaux constitués, suivant le modèle de l'auteur, par un conglomérat de particules glacées, elles doivent, dans leur ensemble, perdre par seconde une masse de l'ordre de 30 tonnes. Mais la plupart des particules ainsi libérées décrivent initialement, avec de longues périodes, des orbites dont l'aphélie est plus éloignée que Jupiter. La théorie des perturbations provenant de cette planète montre qu'une fraction seulement du nombre total des particules peut franchir la 'barrière gravitationnelle' de Jupiter et seules les particules les plus petites (de diamètre inférieur à 10^{-2} cm.) participent finalement au maintien du nuage zodiacal. Près du Soleil, la densité doit être presque inversement proportionnelle à la distance au Soleil.

V. G. Fesenkov⁽⁹⁶⁾ a annoncé la découverte d'une 'fausse lumière zodiacale', qui peut être vue en automne dans le ciel de l'ouest, 2^h ou 2^h $\frac{1}{2}$ avant le lever du Soleil, mais jamais dans la position symétrique à l'est. Ce phénomène lui semble en rapport avec le gegenschein, dont il représenterait une extension dissymétrique et qui deviendrait seulement visible quelques heures après minuit. Par suite des objections théoriques de Moiseiev et Rozhkowsky et de la mise en évidence, par Astapovich, d'une parallaxe sensible, Fesenkov écarte la théorie météoritique de Gylden et Moulton. L'auteur discute aussi les observations spectroscopiques de Karimov, qui ne montrent pas, sur le gegenschein, de renforcement appréciable du spectre continu, mais semblent indiquer un renforcement de 10 à 15% des raies brillantes du ciel nocturne. Finalement l'examen des données géométriques le conduit à la conclusion que la Terre possède une vaste enveloppe gazeuse, aplatie le long de l'écliptique, avec, dans la direction opposée au Soleil, une extension semblable à une queue, quelque peu courbée, à la manière de certaines queues de comètes. Dans cette queue gazeuse, la densité diminuerait dans le rapport de 2 à 1 pour un éloignement de 4,7 rayons terrestres. Par des voies différentes, Fesenkov rejoint ainsi une ancienne conception de l'abbé Moreux (1923).

CONCLUSION: ORIENTATION POSSIBLE DES RECHERCHES A VENIR

Lumière zodiacale. La solution du problème de la lumière zodiacale exigera, en plus des observations courantes, une étude physique complète, comprenant des mesures photométriques prolongées, associées à des recherches spectrophotométriques et à des mesures de la proportion de lumière polarisée. Un tel travail devrait être entrepris sous un ciel clair, dans une station de basse latitude.

Spectroscopie du ciel nocturne. La découverte des bandes de Meinel (OH et O₂) dans le proche infrarouge marque un progrès décisif dans l'étude de la luminescence de la haute

atmosphère. Il serait intéressant d'examiner avec un pouvoir de résolution plus grand les bandes de Krassovsky entre 9000 et 11000 Å. et, si possible, d'étendre les observations plus loin vers l'infrarouge (cellule à Pb S?).

Mais il importe également de reprendre avec une dispersion accrue l'étude des régions de longueurs d'onde inférieures à 5800 Å.:

— *dans le vert*, où Vainu Bappu signale des radiations qui n'appartiennent certainement pas au système de vibration-rotation de OH (dernier rapprochement possible avec le 1er système positif de N₂?);

— *dans le bleu et le violet surtout*, région des bandes de Vegard-Kaplan, qui passait, à juste titre, pour la mieux connue il y a quelques années;

— *dans l'ultraviolet* enfin, où l'identification des bandes de Herzberg pourra être précisée, grâce aux récents calculs des intensités théoriques de M. E. Pillow⁽⁹⁷⁾, et où l'on doit élucider la question du système Y de Barbier.

Altitudes. La solution définitive du problème de l'altitude des couches lumineuses est nécessaire à l'étude des relations avec les régions ionisées. Il semble que, dans le cas des raies brillantes de [O I] et de Na I au moins, elle soit assez proche, grâce à l'emploi judicieux des multiplicateurs d'électrons. Barbier vient de faire construire, dans ce but, un nouveau photomètre perfectionné et Elvey annonce, pour 1951, des expériences qui pourront être décisives, avec des photomètres installés à bord de fusées du type V 2.

Une connaissance détaillée du spectre du ciel est d'ailleurs indispensable par suite de la superposition de bandes faibles (OH) aux raies brillantes du spectre visible et d'une émission possible dans les régions de comparaison (méthode Roach-Barbier). Les futures déterminations d'altitude devront porter en outre sur les principales bandes d'émission (OH, O₂ atmosphérique et Herzberg, N₂ Vegard-Kaplan).

Température. La connaissance de la température des couches émettrices est aussi primordiale et, d'ailleurs, liée à la question de l'altitude. Les températures de rotation des bandes moléculaires obtenues jusqu'ici sont basses, alors que certaines propriétés de l'ionosphère conduisaient à imaginer l'existence de températures élevées. Ce point de vue est, il est vrai, susceptible d'être modifié par la présence d'une quantité appréciable d'hydrogène à haute altitude. Il semble qu'il sera prochainement possible d'entreprendre l'étude interférentielle de la largeur des raies atomiques (J. Cabannes); elle pourrait conduire à des résultats d'une grande importance.

Variations. L'étude des variations d'intensité des raies et des bandes d'émission, sporadiques, saisonnières ou de période plus longue, et de leurs relations possibles avec les phénomènes solaires ou d'autres manifestations géophysiques (ionosphériques, magnétiques, etc.) exigera de *très longues séries d'observations* poursuivies régulièrement dans quelques stations bien situées *des deux hémisphères*. Les méthodes à suivre sont aujourd'hui bien établies et n'exigent qu'un matériel assez simple. Dans ce but, une *coopération internationale* peut seule être vraiment fructueuse. Elvey, Roach et Barbier ont organisé un premier travail en commun entre les Etats-Unis, la France, la Suisse et le Congo belge.

Mécanismes de l'émission. La compréhension des divers mécanismes d'émission nécessitera encore, en plus des observations sur le ciel, des travaux théoriques et des recherches de laboratoire (il serait particulièrement désirable d'arriver à y reproduire le spectre de vibration-rotation de OH).

La tendance générale est toujours de chercher l'explication des émissions nocturnes et crépusculaires, de faible excitation, dans des réactions qui font seulement intervenir l'énergie solaire emmagasinée pendant le jour et les émissions aurorales, d'excitation plus forte, par un apport d'énergie extérieure (Chapman). Les maxima d'intensité de la raie verte, qui semblent manifester une tendance à la récurrence de 27 jours (J. Cabannes, J. Dufay et Tcheng Mao Lin, 1947) devraient alors être rattachés à une activité aurorale. Mais il n'est pas certain qu'on parvienne à expliquer l'émission nocturne des raies *D à haute altitude* sans apport d'énergie extérieure.

La plupart des mécanismes proposés par les théoriciens ont été exposés et discutés par Swings⁽¹⁾ en 1948. Mais, à cette époque, on faisait jouer un rôle important à la

recombinaison de 2 atomes d'azote, capable de conduire à l'émission de la bande (0,0) du 1er système positif de N_2 . Ces conceptions doivent être entièrement révisées, puisque la bande (0,0) est définitivement absente dans le spectre du ciel et qu'on a dû abandonner aussi tout rapprochement entre les bandes de ce système et les radiations observées entre 5800 et 11000 Å.

On a vu qu'un mécanisme très vraisemblable avait été suggéré par Bates et Nicolet et par Herzberg pour expliquer l'émission des bandes de OH. Il fait intervenir l'ozone; suivant Kaplan⁽³⁶⁾ ce gaz serait susceptible d'intervenir dans d'autres réactions conduisant à des émissions de basse altitude.

Ainsi, l'étude de la lumière du ciel nocturne et des phénomènes connexes, malgré l'abondance des recherches auxquelles elle a donné lieu depuis quelques années, pose encore de très nombreux problèmes. Mais, pour beaucoup d'entre eux, les progrès réalisés en peu de temps autorisent à espérer une solution prochaine. Peu à peu, ces recherches, jointes à celles des radioélectriciens, nous apporteront une connaissance plus précise des hautes régions de l'atmosphère, elles nous renseigneront peut-être aussi sur les portions de l'espace les plus proches de la Terre.

JEAN DUFAY
Président de la Sous-Commission

REFERENCES

- (1) *The Atmospheres of the Planets*. Chicago, 1948.
- (2) *La lumière du ciel nocturne*, 2e édition complétée, Académie des Sciences de l'U.R.S.S. Moscou-Leningrad, 1948.
- (3) *The Emission Spectra of the Night Sky and Aurorae*. Phys. Soc., London, 1949.
- (4) *M.N.* **109**, 215, 1949.
- (5) *Colloques internationaux du C.N.R.S.* No. 9. Paris, 1949.
- (6) *P.A.S.P.* **60**, 373, 1948.
- (7) *Ann. Géophys.* **5**, 183, 1949.
- (8) *Trans. Amer. Geophys. Union*, **31**, 21, 1950.
- (9) *Ap. J.* **III**, 207, 1950.
- (10) *Idem.* **III**, 555, 1950.
- (11) *Idem.* **II2**, 120, 1950.
- (12) *C.R.* **232**, 426, 1951.
- (13) *Ann. Astrophys.* **10**, 33, 1947.
- (14) *Dokl. Acad. Sci. U.R.S.S.* **66**, No. 1, 1949.
- (15) *Idem.* **70**, no. 6, 1950.
- (16) J. Dufay, *C.R.* **231**, 1531, 1950.
- (17) J. Dufay, *Ann. Géophys.* **7**, No. 1, 1951.
- (18) *P.A.S.P.* **62**, 264, 1950.
- (19) *J. Géophys. Res.* **55**, 183, 1950.
- (20) *Ap. J.* **III**, 432, 1950.
- (21) *Idem.* **III**, 201, 1950.
- (22) *C.R.* **230**, 1233, 1950.
- (23) *Ap. J.* **III**, 433, 1950.
- (24) *Trans. Amer. Geophys. Union*, No. 1, 7, 1950.
- (25) *C.R.* **232**, 2344, 1951.
- (26) *Ciel et Terre*, **66**, 213, 1950.
- (27) *Ap. J.* **II2**, 464, 1950.
- (28) *C.R.* **230**, 1943, 1950.
- (29) *P.A.S.P.* **62**, 106, 1950.
- (30) *J. Géophys. Res.* **55**, 301, 1950.
- (31) *Nature*, **159**, 673, 1947.
- (32) *C.R.* **229**, 931, 1949.

- (33) Ces bandes ont été excitées avec une très forte intensité dans une décharge sans électrodes par Branscomb, qui a pu les étudier avec une grande dispersion. (Communication privée.)
- (34) *Phys. Rev.* **78**, 82, 1950.
- (35) A. B. Meinel: *Report on Progress in Physics*, Phys. Soc., London. (Sous presse.)
- (36) *Rapport Assemblée de Bruxelles de l'U.G.G.I.* 1951.
- (37) *Ann. Géophys.* **5**, 83, 1949.
- (38) *Report on ionospheric research in Japan*, **4**, No. 3, 1950; *Tokyo astron. Obs. Reprints*, No. 71.
- (39) *C.R.* **228**, 451, 1949.
- (40) *Ann. Géophys.* **5**, 157, 1949.
- (41) *Rev. Sci. Instr.* **20**, 724, 1949.
- (42) *Trans. Amer. Geophys. Union*, **31**, 7, 1950.
- (43) *P.A.S.P.* **61**, 88, 1949.
- (44) *J Geophys. Research*, **56**, 325, 1951.
- (45) *Ann. Astrophys.* **14**, 399, 1951.
- (46) *P.A.S.P.* **61**, 89, 1949.
- (47) *Ann. Géophys.* **3**, 308, 1947.
- (48) *Idem.* **6**, 286, 1950.
- (49) J Dufay: *J Phys.* **11**, 455, 1950.
- (50) *J Opt. Soc. Amer.* **39**, 211, 1949.
- (51) *J. Geophys. Res.* **54**, 215, 1949.
- (52) *Contr Crimean Astrophys. Obs.* **3**, 1948.
- (53) *C.R.* **228**, 415, 1949.
- (54) *Idem.* **228**, 1601, 1949.
- (55) *Phys. Rev.* **78**, 66, 1950.
- (56) *C.R.* **225**, 690, 1947.
- (57) *Ann. Géophys.* **4**, 193, 1948.
- (58) *Idem.* **7**, 73, 1951.
- (59) *Trans. Amer. Geophys. Union*, **31**, 13, 1950.
- (60) *J Geophys. Res.* **55**, 235, 1950.
- (61) *Idem.* **54**, 7, 1949.
- (62) *C.R.* **226**, 1208, 1948.
- (63) *Idem.* **231**, 62, 1950.
- (64) *Idem.* **233**, 419, 1951.
- (65) Colloque de Liège, 141, 1951.
- (66) *C.R.* **227**, 777, 1948.
- (67) *Ann. Géophys.* **5**, 1, 1949.
- (68) *Ap. J.* **109**, 327, 1949.
- (69) *Proc. Roy. Soc. A*, **196**, 217, 1949.
- (70) *Trans. Amer. Geophys. Union*, **31**, 21, 1950.
- (71) *C.R.* **231**, 1049, 1950.
- (72) *Ap. J.* **112**, 562, 1950.
- (73) Report on auroral Studies in the red and infra-red regions from 1948 to 1951. (Auroral Committee.)
- (74) *Ap. J.* **113**, 50, 1951.
- (75) *Idem.* **113**, 583, 1951.
- (76) Conférence de London (Ontario), 1951.
- (77) *C.R.* **230**, 1884, 1950.
- (78) *Ann. Géophys.* **6**, 157, 1950.
- (79) *Idem.* **6**, 66, 1950.
- (80) *J. Géophys. Res.* **55**, 401, 1950.
- (81) *C.R.* **228**, 496, 1949.
- (82) *Nature*, **167**, 277, 1951.
- (83) *J. Géophys. Res.* **55**, 361, 1950.
- (84) *P.A.S.P.* **60**, 18, 1949.

- (85) *J. Géophys. Res.* **55**, 21, 1950.
 (86) *Nature*, **164**, 453, 1949.
 (87) *Publ. Astr. Soc. Japan*, **2**, No. 4, 1951; *Tokyo Astr. Obs. Reprints*, No. 78.
 (88) *Ann. Géophys.* **4**, 259, 1948.
 (89) *Idem.* **5**, 167, 1949.
 (90) *Astr. J. Acad. Sci. U.R.S.S.* **27**, No. 2, 97, 1950.
 (91) *Tokyo Astr. Bull.* **11**, No. 10, 1948.
 (92) Communication privée.
 (93) *Ap. J.* **105**, 471, 1947
 (94) *Idem.* **109**, 380, 1949.
 (95) *Idem.* (Sous presse.)
 (96) *Astr. J. Acad. Sci. U.R.S.S.* **27**, No. 2, 89, 1950.
 (97) *Proc. Roy. Soc. A*, **63**, 940, 1950.

Addition du Draft Report, Commission 22a

Un rapport détaillé du Prof. V. G. Fesenkov, sur les travaux effectués en Union Soviétique permettent de compléter le Draft Report sur les points suivants:

Spectre d'émission de la haute atmosphère. Shklovski a identifié indépendamment les bandes observées par Krassovski dans le spectre infrarouge du ciel nocturne (bande de OH, voir nos. 16 et 17 de la bibliographie). Il a calculé les probabilités de transition des bandes et évalué les concentrations absolues des molécules occupant les différents niveaux de vibration. (*C.R. Acad. Sci. U.R.S.S.* Vol. **75**, nos. 3 et 6, 1950; *Publ. Obs. Crimie*, Vol. **7**, 1951.)

Shajn et Gaze ont étudié systématiquement les principales raies d'émission du ciel nocturne, dans la région du pôle céleste en les comparant aux régions correspondantes du spectre de l'étoile polaire.

Altitude des couches luminescentes. Avec un spectrographe ouvert à F/0.8, exposition 8 à 10 heures, G. Karimov a obtenue pour les raies 5577, 5892 et 6300 Å. les altitudes 240, 120 et 250 km. (*A.J. U.R.S.S.* Vol. **24**, no. 2). La valeur trouvée pour la raie verte s'accorde avec les déterminations visuelles de Divari (*Matière météorique dans l'espace interplanétaire*, Moscou, 1947). Les altitudes ont été calculées en tenant compte de la diffusion dans la troposphère, suivant la méthode de Fesenkov.

Lumière zodiacale et lueur antisolaire. Les isophotes de la lumière zodiacale classique sont beaucoup plus étalés le long de l'horizon que ceux de la lumière zodiacale observée en été à l'horizon nord (*A.J. U.R.S.S.* Vol. **26**, no. 6, 1949). Fesenkov en conclut qu'à la diffusion par des particules solides s'ajoute une sorte de 'Crépuscule zodiacal', dû à une extension des hautes couches de l'atmosphère dans le plan de l'écliptique.

Les photographies de D. A. Rozhkovski permettent d'étudier le déplacement apparent de la contre-lueur en 24 heures. Elles conduisent à une parallaxe de 3° (*A.J. U.R.S.S.* Vol. **27**, no. 1, 1950), de même que les observations d'Astapovich (*Bull. sect. turkmène de l'Acad. Sci. U.R.S.S.* no. 1, 1949).

Fesenkov estime que l'ensemble de ces phénomènes s'explique par son hypothèse de l'extension de l'atmosphère, analogue à une courte queue de comète.

Report of meeting

PRÉSIDENT: Dr F. L. WHIPPLE.

SECRÉTAIRE: Dr J. KAPLAN.

The Commission met on 8 September, the President presiding. Present were MM. Baldet, Dauvillier, Dufay, Mme Flammarion, MM. Gatterer, Gauzit, Guigay, Guth, Jacchia, Kaplan, Kopal, Nielsen, Pearse, Vandekerkhove, Vassy. M. Swings acted as interpreter.

The Draft Report was accepted, subject to minor recommendations and corrections. The President introduced the recommendation by H. Brown (*Draft Reports*, Vol. 1, no. 1, p. 137) relative to the formation of a Commission on Meteoritics within the International Council of Scientific Unions, pointing out that the I.A.U. Executive Committee had already refused to act as the mother organization. Comments were made by Vassy, Gatterer, Thomas, de Jager and Kuiper. It was agreed to table the recommendation until the next meeting of the I.A.U. pending action by the International Geological Congress and the Chemistry Union.

Proposals 2–6 of the Draft Report were recommended to the Executive Committee.

The President read a letter from A. Nielsen relative to his work on the supplement to the von Niesl-Hoffmeister *Catalogue of Bright Fireballs*. No action required.

The President reported a letter from E. Öpik relative to the need for radar observations of possible hyperbolic meteors. In view of the concentrated radar efforts already being undertaken, the Commission resolved to take no action on the recommendation.

No members of Sub-commission 22*b* on charts were present. A copy of star charts by P. M. Millman was displayed.

The meeting then adjourned to reconvene on Wednesday, 10 September.

The following Reports of progress in meteoritic astronomy were presented:

Sur l'abondance météoritique et géochimique des éléments, par A. DAUVILLIER.

Sommaire. Tandis que les hypothèses cosmogoniques basées sur l'accrétion de gaz et de poussière cosmiques ne peuvent rendre compte de la nature des planètes, l'auteur montre comment l'hypothèse de la filiation, appuyée sur la théorie cinétique de gaz, interprète leur composition chimique.

Spectroscopic Determination of Chlorine in Stony Meteorites, by E. SALPETER of the Vatican Observatory.

A high-frequency electrodeless discharge was used in the spectroscopic analysis of twenty-five stony meteorites. Almost all showed chlorine but the presence of bromine and iodine could not be demonstrated with certainty.

The Influence of the Poynting-Robertson Effect on the Radiant of the Perseids and The Radioactivity of Meteors, by C. DE JAGER.

A difference between the visual and telescopic radiants of the Perseids is tentatively explained as resulting from the Poynting-Robertson Effect. Radioactivity in a freshly fallen meteorite did not exceed that to be expected from the long-lived natural radioactive elements normally present in meteorites.

Recent Meteoritic Investigations in the U.S.S.R., by E. KHARADZE.

E. Krinov has published a detailed summary of data concerning the Tunguss meteorite; this would facilitate the further researches in the district of the fall of that meteorite.

He has conducted also detailed investigations of the stone meteor fall in Kounashak (Oural, 1949).

Hundreds of kilograms of meteorite material have been accumulated. A complete catalogue of the meteorite collection of the Acad. Sci. U.S.S.R. was published (E. Krinov).

Academician A. Zavarytsky found some evidence for the theory that meteorites are being formed in the process of agglomeration of the broken matter (*Notes of Mineral. Soc.* **77**, 117, 1948). He advanced also arguments in favour of the hypothesis that meteorites originated as a result of planet disintegration (*Meteoritics*, **8**, 1950).

A. Trofimov investigated the isotopic abundance of sulphur and carbon in meteorites and found no anomalies with respect to terrestrial elements (*C.R. Acad. Sci. U.S.S.R.* **66**, 1949; *Meteoritics*, **8**, 1950).

E. Gerling determined by means of the argon method the age of two stone meteorites,

which appeared in both cases to be about 3000 million years (*C.R. Acad. Sci. U.S.S.R.* 1951).

Some estimates of the density of condensations in the Perseids are obtained from observational posts at distances of 340–2200 km. Condensations observed for 10–15 minutes appear to be several thousand kilometres in width and tens of thousands of kilometres along the orbit (J. Astapovitch, *Astr Circ. U.S.S.R.* No. 1051, 1950).

E. Proskurina published a preliminary catalogue of 299 radiants according to the observations of J. Astapovich for 1943 (*Publ. Turk. Branch Acad. Sci. U.S.S.R.* No. 3, 1949).

L. Eliseyeva compared the April radiants obtained from Ashkhabad observations with the data of the Denning catalogues. She found that for the last 50–70 years 40% of the radiants have remained unchanged (*Publ. Turk. Branch Acad. Sci. U.S.S.R.* No. 4, 1949).

B. Levin found that the mean geocentric velocity was overestimated by Watson, hence the mass of meteoric matter falling on the Earth is underestimated by him (*Meteoritics*, 7, 112, 1950).

K. P. Staninkovich and V. V. Fedinsky have been developing the theory of crater formation and surface destruction as a consequence of meteor shocks (*C.R. Acad. Sci. U.S.S.R.* Vol. 51, no. 2, 1949; *Meteoritics*, 7, 1950).

Recent Meteoritic Investigations in Czechoslovakia, by V. GUTH.

Extensive double-station photography of meteors is being continued as well as a number of other meteoritic activities of importance.

Radar Observations of the δ -Aquarids and the Poynting-Robertson Effect, by B. LINDBLAD of Lund Observatory

Difference between weak and strong meteors in their frequency *versus* time of observation indicates that the weak (or smaller) meteors move in smaller orbits about the sun than the strong (or larger) meteors. An explanation of the effect in terms of the Poynting-Robertson Effect suggests an age of the stream between 10^4 and 10^5 years.

Helium Production in Meteorites by Cosmic Rays, by S. F. SINGER, Office of Naval Research, U.S. Embassy, London.

The rate of helium production by cosmic rays in meteorites has been calculated and a method developed for separating cosmic-ray helium from radioactive helium by means of the cosmic-ray He^3 isotope. Age determinations by the helium-uranium-thorium method can now be corrected and conclusions drawn about the physical history of meteorites. Large percentages of He^3 in five meteorites have been found by F. A. Paneth and collaborators. It is suggested that search should be made for tritium as well.

Recent Photographic Investigations of Meteors at the Harvard Observatory, by F. L. WHIPPLE.

Two Baker Super-Schmidt meteor cameras operating in New Mexico since March 1952 have photographed some 200 meteors simultaneously through July 1952. The performance of the cameras is excellent. The multiple photography of persistent luminous trains left by meteors has been successfully executed, for the study of winds in the upper atmosphere. Various analytical and theoretical investigations of meteors from photographic data have been completed.

FRED L. WHIPPLE
President, Commission 22

J. Dufay présente une communication de G. Déjardin, J. Janin et M. Peyron (Faculté des Sciences de l'Université de Lyon), une communication de G. Courtès (Observatoire de Marseille) et une autre de J. Blamont et G. Courtès (Observatoire de Haute Provence).

G. Déjardin, J. Janin et M. Peyron ont étudié les bandes de vibration-rotation de la molécule OH, excitées dans la flamme oxyhydrique et dans la flamme oxyacétylénique.

Leurs premières mesures, effectuées avec un spectrographe à deux prismes de 7100 à 9600 Å., ont déjà été publiées (*C.R.* **234**, 1866, 1952). De nouvelles expériences, faites avec un spectrographe à réseau (dispersion linéaire 20 Å./mm.) leur ont permis récemment d'analyser d'une manière complète la structure de rotation de plusieurs bandes. Dans la bande (4,0), par exemple, les doublets de spin sont séparés dans les branches *P* et *Q* et pour les premiers termes de la branche *R*. Le dédoublement Λ de la composante P_1 est observé pour plusieurs raies. Les constantes de rotation *B* et *D* ont été redéterminées et il a été nécessaire pour rendre compte des mesures, de compléter, par un terme en J^4 , la formule de Hill et Van Vleck, donnant les termes de doublets.

G. Courtès a réalisé, indépendamment de Henyey et Greenstein, un appareil à très grand champ et à grande ouverture relative pour la photographie de la lumière zodiacale et des 'lueurs nocturnes'. Le premier montage (1949) comprenait un miroir sphérique concave, une lentille convergente, rejetant à l'infini l'image donnée par le miroir, et un objectif ouvert à $F/3,5$, il permettait de photographier un champ de 120° sur une pellicule courbée.

Dans un deuxième montage, réalisé en 1951, le champ est redressé. L'ouverture relative de l'objectif est $F/1,8$ et le champ atteint 180° (*l'Astronomie*, juin 1952). On montre, à titre d'exemple une photographie de la lumière zodiacale obtenue à l'Observatoire de Haute Provence avec une pose de 7 minutes (23 janvier 1952, plaque Eastman 103aE). Les corrections instrumentales et atmosphériques sont facilitées par le fait qu'elles dépendent seulement de la distance du centre de la plaque.

J. Blamont et G. Courtès ont utilisé ce dernier appareil pour étudier la répartition de l'intensité du doublet du sodium et de la raie rouge 6300 Å. sur tout le ciel. A cet effet ils ont placé entre la lentille collimatrice et l'objectif ouvert à $F/1,8$ un interféromètre du type Savart-Lyot (voir J. Bricard et A. Kastler, *Ann. Géophys.* **6**, 286, 1950). Quand on isole grossièrement, au moyen d'un filtre coloré, une des raies brillantes du ciel, le champ se trouve sillonné de franges quasi-rectilignes. Le dépouillement des clichés se fait en balayant, au microphotomètre enregistreur, perpendiculairement à la direction des franges. La durée des poses est $\frac{1}{2}$ heure sur plaques Eastman 103aE ou 103aD (pour les raies 5893 et 6300 Å.). L'appareil, aisément transportable et ne nécessitant pas de courant électrique, peut être utilisé en toute station.

Communication de Dr F. E. Roach:

At the Cactus Peak Observatory in California observations of the nightglow are made in four colours for two or three nights near each dark Moon, weather permitting. Four individual telescopes on a single alt-azimuth mount are used in conjunction with interference filters centred at wave-lengths 6300 and 5577 [O I], 5893 (Na I) and 5300 (control). The entire sky is covered every 32 minutes in a series of eight vertical sections equally spaced in azimuth.

The analyses of some of the older records including data with an earlier 2-colour photometer have been quoted in the Draft Report. There is now in Press (Roach, Williams and Pettit, *J. Geophys. Res.*) a study of a comparison of observations made at Cactus Peak and the Haute Provence Observatory. In progress are (a) a correlation of nightglow intensities and ionospheric properties, (b) an intercomparison of the diurnal variations of the several nightglow emissions. A very extensive body of observational material on the zodiacal light is included on our records which so far has not been analysed.

In the course of the investigation we have computed with the aid of FBM machines the galactic and ecliptic co-ordinates to the nearest degree for each degree of right ascension and declination. The tables are being assembled into book form and will be available for distribution to interested institutions in a few months.

D. Barbier (Paris) présente des enregistrements de la lumière du ciel nocturne réalisés dans la région des bandes de Herzberg. Ils sont faits avec un photomètre automatique installé à l'Observatoire de Haute Provence. Le photomètre a été construit sur les plans de M. Baillet, à l'Institut d'Astrophysique. M. Lallemand a fourni un de ses multiplicateurs d'électrons et a dirigé la construction de la partie électrique de l'appareil.

Communication de M. Nicolet.

Variations d'intensité des radiations du ciel nocturne résultant de perturbations atmosphériques dans la mésosphère.

Dans le ciel nocturne, certaines variations de OH et de O₂, à basse altitude (< 100 km.) ne sont pas dues à des phénomènes auroraux.

Grâce aux observations à l'aide de fusées on peut montrer que O₂ suit la distribution verticale des autres éléments et décroît avec l'altitude suivant la loi exponentielle atmosphérique. Il existe une rupture de l'équilibre photochimique.

On peut montrer que le temps de dissociation de O₂ est supérieur à 10 jours de 12 heures.

Si le temps de recombinaison d'un atome d'oxygène est très long (plus d'un mois à 100 km. jusqu'à 10 jours à 85 km.) la rupture de l'équilibre photochimique sera prononcée.

Il existera une région intermédiaire entre l'équilibre photochimique pratiquement instantané (~70 km.) et la rupture complète de cet équilibre (~100 km.), région située au voisinage de la mésopause. Or c'est dans cette région qu'apparaissent les bandes de OH et O₂ dont l'intensité dépend du nombre d'atomes d'oxygène. Il en résulte que les phénomènes advectifs et dynamiques de la mésosphère provoquent des variations dans l'émission.

Communication de Mr Pearse:

A method of studying the variations of intensity in band systems.

Dans le cas de spectres du genre de celui du ciel nocturne, la difficulté d'identification réside en la détection des émissions et des absorptions qui se superposent.

A la conférence de London, Ontario, Mr Pearse a suggéré la méthode suivante: On établit une table d'intensités relatives, par calcul ou par mesures de laboratoire, pour les bandes du système dans les progressions v' , v'' normales. En émission, les valeurs relatives à une progression de v' constant resteront constantes pendant les variations des conditions d'excitation, mais les intensités relatives des progressions varieront.

Pour les plaques de faible dispersion désignons par V la mesure de l'intensité. V peut être une estimation visuelle ou tirée d'un tracé microphotométrique. Pour chaque plaque, on porte V en fonction de $\log I$ en prenant chaque valeur de v' séparément et indiquant la valeur de v'' en chaque point. On obtient une série de lignes à peu près droites et parallèles. Si une bande v' , v'' se superpose avec une autre émission, le point se placera au dessus de la ligne de v' . Pour une absorption il tombera en dessous de la ligne. Si les conditions d'excitation du système de bandes varient, l'ensemble des lignes se déplace. Ce mouvement des positions relatives des lignes peut être utilisé pour étudier la variation de la population relative des niveaux initiaux.

Miss Pillow a essayé cette méthode sur C₂ en employant des estimations visuelles et R. W. Nicholls pour N₂ et N₂⁺ en utilisant des densités photographiques. Les résultats sont très prometteurs.

Le Dr N. Donitch présente de nombreuses photographies de la lumière zodiacale, qu'il a obtenues à Tamanrasset (Hoggar) pendant les hivers 1945-46 et 1946-47. Leur étude ne lui a montré aucun déplacement de la lumière zodiacale par rapport au Soleil ou aux

étoiles. L'axe de la lumière zodiacale serait dans un plan passant par le centre du Soleil, mais différent de l'équateur solaire. On trouve en effet comme nœud ascendant (par rapport à l'écliptique) $110^{\circ} 12'$, au lieu de 75° , et comme inclinaison $2^{\circ} 9'$ au lieu de 7° .

Prof. Siedentopf (Tubingen) discussed the results of photo-electric observations of the intensity and polarization in the zodiacal light, performed at the Jungfraujoch (3700 m.) together with Dr Behr. Under the assumption that the polarization comes only from light scattered by electrons, the observations give a number of 1000 electrons/cm.³ at 0.6 A.U. distance from the Sun in the ecliptic, of 600 at 1.0 A.U. and of 120 at 1.3 A.U. The density of dust-particles is constant from 0.7 A.U. outwards and drops inside 0.7 A.U. slowly towards the Sun. The paper will appear in the *Z. Astrophys.*