

21. COMMISSION DE LA LUMINESCENCE DU CIEL

PRÉSIDENT: Dr D. Barbier, Institut d'Astrophysique, 98bis Boulevard Arago, Paris 14^{ème}, France.

VICE-PRÉSIDENT: Dr F. E. Roach, National Bureau of Standards, Boulder Laboratories, Boulder, Colorado, U.S.A.

COMITÉ D'ORGANISATION: J. W. Chamberlain, J. Dufay, V. I. Krassovsky, M. Nicolet, P. Swings.

MEMBRES: Asaad, Barber, Bates, Blackwell, Blamont, Chapman, Cook (A. F. II), Dauvillier Dufay (M.), Elsässer, Elvey, Fesenkov, Friedman, Gartlein, Gauzit, Grandmontagne, Harang, Hoffmeister, Huruata, Jarrett, Kaplan (J.), Kastler, Lebedinsky, Link, Pearse, Pettit-Knaflich, Ramanathan, Richter, Robley, Seaton, Siedentopf, Steiger, Tousey, Vassy, Vegard.

INTRODUCTION

En accord avec les instructions du Secrétariat de l'Union, ce rapport est présenté sous une forme un peu différente des rapports précédents: il comprend un rapport critique et une bibliographie exhaustive¹.

Comme par le passé, ce rapport est consacré essentiellement à la luminescence atmosphérique.

Le Dr Shefov a bien voulu établir un rapport sur les travaux soviétiques, annexé au rapport principal qui d'ailleurs tient compte, lui aussi, de ces travaux.

I. GÉNÉRALITÉS

L'Année Géophysique Internationale (IGY) et la Coopération Géophysique Internationale (IGC) ont donné une impulsion nouvelle aux recherches sur la luminescence atmosphérique. Un grand nombre de stations sont entrées en fonctionnement à cette occasion et, pour les seules mesures photométriques, sujet pour lequel la coopération avait été réellement organisée, la participation d'une trentaine de stations a été obtenue. Depuis lors quelques stations ont disparu mais, d'après les projets déjà connus relatifs aux Années du Soleil Calme (1964-65), on sait que de nouvelles stations vont être créées.

C'est aussi à la coopération scientifique des années 1957 à 1959 qu'on doit la création des quatre centres mondiaux de données qui fonctionnent à Boulder, Moscou, Paris et Tokyo.

Les données photométriques obtenues au cours de l'IGY et de l'IGC ont été rassemblées par F. E. Roach dans un livre publié sous le pseudonyme I. G. YAO. (International Geophysical Year Airglow Observers).

Deux colloques internationaux sur la luminescence atmosphérique ont été réunis depuis la parution du dernier Draft Report: l'un organisé à Gif, près de Paris, en 1962, par l'UAI avec le concours de l'UGGI, s'est consacré à l'interprétation théorique des émissions atmosphériques; l'autre à Berkeley en 1963, organisé par l'UGGI, avait pour objet l'étude des mécanismes atomiques et moléculaires conduisant aux émissions atmosphériques. Si les travaux de ce dernier colloque sont encore sous presse, par contre ceux du colloque de Copenhague de 1960 ont été édités.

¹ L'établissement de cette bibliographie m'a été facilitée par les personnes suivantes: M. Nicolet m'a fourni la bibliographie établie par le 'Centre National (belge) de Recherches de l'Espace'. M. Krassovskii m'a fourni la bibliographie soviétique et M. Chamberlain des indications très précieuses sur les recherches effectuées sur la luminescence diurne, la géocouronne, et la luminescence atmosphérique des planètes.

Plusieurs ouvrages relatifs à la haute atmosphère ont fait une part importante à la luminescence atmosphérique. Celui de Chamberlain en particulier fera époque ainsi qu'un important traité de Khvostikov en langue russe; on consultera également avec fruit les articles de Bates dans l'ouvrage de Ratcliffe. Parmi les documents importants publiés pendant ces trois dernières années, on doit encore faire une place à part à l'excellent Atlas soviétique du spectre de la luminescence nocturne.

Le vocabulaire concernant la luminescence atmosphérique (airglow) évolue: on la subdivise maintenant en luminescence nocturne (nightglow) et en luminescence diurne (dayglow). Ce dernier terme comprend aussi les phénomènes crépusculaires qui ne sont que la frange extrême du dayglow qu'il est possible d'observer du sol avec une facilité relative; il se justifie par le fait que le perfectionnement des techniques permet d'observer certaines radiations en plein jour, soit du sol, soit à partir de fusées.

Il est clair maintenant, d'après les mesures d'altitudes et aussi d'après les corrélations entre intensités des radiations, qu'il existe trois couches distinctes d'émission de la luminescence nocturne. Par altitudes croissantes, la première est celle de l'émission du doublet D du sodium et des bandes de OH au voisinage de 85 km, la deuxième celle de l'émission de la raie verte 5577 Å de [OI], des bandes de Herzberg de O₂ et du continuum, vers 100 km, la troisième celle de l'émission du doublet rouge 6300 Å–6364 Å de [OI] (à laquelle il faut joindre une émission de 5557 Å [OI], observée jusqu'ici dans la région intertropicale seulement) qui provient de la couche ionosphérique F.

Les diverses émissions de la luminescence diurne prennent naissance dans des couches plus étendues et moins bien définies semble-t-il que dans le cas de la luminescence nocturne. En outre la raie 10 830 Å de l'hélium est émise à grande altitude, de 500 à 1500 km. Enfin les raies de l'hydrogène proviennent d'une atmosphère très étendue et très diffuse entourant la Terre, la 'géocouronne'.

II. INSTRUMENTS, MÉTHODES DE DÉPOUILLEMENT

Plusieurs instruments ont été décrits récemment mais ils relèvent de types classiques. Nous nous bornerons ici à mentionner l'étude critique de A. H. Jarrett (196) sur l'optique des instruments utilisés pour les recherches sur la luminescence atmosphérique.

La question du dépouillement et de la standardisation des mesures photométriques n'est pas encore résolue d'une manière satisfaisante. Il n'est pas inutile de montrer la nature du problème dans le cas le plus simple, qui se présente d'ailleurs assez fréquemment.

D'une manière très générale on peut représenter la lecture L faite en unités arbitraires par:

$$(1) \quad L = \alpha \int_0^{\infty} T(\lambda) I(\lambda) d\lambda$$

α est un coefficient permettant de passer des intensités absolues I aux lectures arbitraires; $T(\lambda)$ représente la sensibilité spectrale du photomètre que, par la suite, on supposera dépendre uniquement de la transmission du filtre, ce qui est d'ailleurs une approximation parfois insuffisante vers la limite de sensibilité du multiplicateur ou vers la limite de transparence de l'optique.

Nous considérons le cas où la répartition spectrale de la source est constituée d'une raie sensiblement monochromatique de longueur d'onde λ_0 et d'un spectre continu. L'intensité de la raie est $i(\lambda)$ et son intensité totale est:

$$Q = \int i(\lambda) d\lambda$$

la transmission du filtre pour cette raie est T_0 . L'intensité du spectre continu supposée constante dans le domaine de transmission du filtre est I_0 . On a alors

$$L = \alpha(QT_0 + I_0 \int T d\lambda)$$

ce qui peut s'écrire:

$$(2) \quad Q = \beta L - I_0 \frac{\int T d\lambda}{T_0}$$

où β est un nouveau facteur de conversion égal à $(\alpha T_0)^{-1}$. Deux cas peuvent alors se présenter.

1°) le filtre est assez large, $\int T d\lambda$ n'est pas négligeable. On doit alors connaître deux constantes de réduction β et $(\int T d\lambda)/T_0$. La détermination de la deuxième résulte de la mesure de la transmission du filtre au laboratoire, et β est obtenu en mesurant avec le photomètre une source d'énergie connue à spectre continu ($Q = 0$); on a alors:

$$\beta = \frac{I_0}{L} \frac{\int T d\lambda}{T_0}$$

La source d'énergie connue est une source de laboratoire, une étoile ou encore une plage stellaire pour laquelle il existe un dénombrement d'étoiles par magnitude.

Sur le ciel l'intensité du spectre continu I_0 (lumière stellaire, lumière zodiacale et continuum d'émission) n'est pas en général connue, mais des mesures faites à travers deux filtres permettent d'obtenir deux équations telles que (2) et par suite d'éliminer I_0 .

2°) le filtre est étroit, ce qui est le cas en particulier des photomètres à modulation, $\int T d\lambda$ est alors négligeable. Seule la constante β est à déterminer. La seule solution pratique consisterait à disposer d'une source monochromatique étalon de longueur d'onde λ_0 . Ceci est sans doute réalisable mais n'a jamais été fait. L'utilisation d'une source à spectre continu comme dans le cas (1°) n'est que théoriquement possible; $\int T d\lambda$ étant petit, il faudrait prendre I_0 grand, ce qui pourrait entraîner des difficultés dues à la lumière diffusée. Plus grave encore la constante $(\int T d\lambda)/T_0$ devient difficile à mesurer au laboratoire et elle est susceptible de varier avec le temps ou la température.

Le principal usager de ce genre d'appareils, F. E. Roach, étalonne ses photomètres à bande passante étroite sur le ciel même par comparaison avec des appareils à bandes passantes larges.

Dans le cas le plus simple, celui de la raie 5577 Å, qui se rapproche beaucoup du cas idéal qui vient d'être étudié et grâce à des intercomparaisons de photomètres, on peut penser que les échelles de la plupart des stations ne sont pas en erreur de plus de 20% par rapport à l'échelle vraie.

Dans un cas très complexe, celui des raies D du sodium qui deviennent très faibles en été et qui sont contaminées très fortement par les bandes moléculaires de OH et par le spectre continu de la luminescence nocturne, les mesures sont très incertaines, au moins en valeur absolue.

La réalisation de sources étalons, monochromatiques, devient de toute première nécessité. Elle peut sans doute être réalisée avec un filtre de Lyot.

III. SPECTROSCOPIE

Beaucoup de travaux sur la luminescence du ciel sont effectués par voie spectroscopique; certains d'entre eux sont spécialisés et ils sont regroupés plus loin sous leurs rubriques respectives. Dans le présent paragraphe nous nous bornons aux considérations générales sur le spectre de la luminescence atmosphérique.

Durant les trois dernières années, aucune radiation nouvelle n'a été découverte, ni aucune identification sûre n'a été proposée pour les quelques radiations dont l'origine est inconnue dans la *luminescence nocturne*. Ingham (104) a publié une nouvelle analyse de la région comprise entre 3700 Å et 4650 Å basée sur d'excellents spectres. Signalons aussi la discussion de J. Dufay et Weill (73) sur les différences montrées par les spectres pris en Terre Adélie avec ceux obtenus aux latitudes moyennes.

Par contre la connaissance du spectre de la *luminescence diurne* a beaucoup progressé: des radiations déjà connues comme crépusculaires sont maintenant observées en plein jour grâce à des dispositifs spéciaux (Blamont et Donahue (27, 28) pour le sodium, Noxon et Goody (172) pour [O_I] 6300 Å): l'emploi de ballons et surtout de fusées permet de minimiser ou de supprimer presque entièrement la gêne apportée par la diffusion dans la basse atmosphère (voir en particulier les travaux de Wallace (281, 282) et aussi d'atteindre les régions de courtes longueurs d'ondes absorbées à basse altitude (Raie L_α de l'hydrogène à 1215 Å); enfin l'emploi de convertisseurs d'images a permis la découverte d'une raie de He I à 10 830 Å par Shefov (228).

Le tableau suivant fait connaître la liste des radiations connues dans la luminescence diurne; celles marquées d'une astérisque ont été découvertes depuis le dernier Draft Report.

Radiations connues dans la luminescence diurne

H: L_α 1215 Å, H_α 6563 Å
 He 1*: 10 830 Å
 [O_I]: 5577 Å, 6300 Å, 6364 Å
 O_I*: 8446 Å
 [N_I]: 5199 Å
 Na 1: D 5890 Å, 5896 Å
 Li 1: 6708 Å (doublet non séparé)
 K 1*: 7665 Å, 7699 Å
 Ca 11: 3934 Å, 3968 Å
 O₂ atm (infrarouge)*: 1,27 μ; 1,58 μ
 N₂+ : Premier négatif. Séquences 3914 Å, 4278 Å, 4709 Å

La Raie 5577 Å de [O_I]

L'altitude d'émission de la raie verte est maintenant bien connue d'après les mesures faites en fusée; elle est très voisine de 100 km. Il a été montré par Barbier et Jeanine Glaume que dans les régions de faibles latitudes il existe une autre couche émettant cette même radiation à l'altitude, d'ailleurs variable, de la raie 6300 Å, c'est-à-dire dans le domaine des 250–350 km. Cette deuxième couche peut avoir la même intensité que la couche basse mais le plus souvent elle est plus faible. Il convient de corriger les mesures brutes obtenues aux basses latitudes de la contribution de la couche élevée en se basant sur la proportionnalité de son intensité à celle de la raie 6300 Å. Dans ce qui suit, et pour la zone intertropicale on a pris pour base de la discussion uniquement les mesures corrigées de l'émission par la couche élevée.

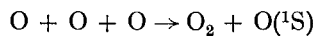
La raie 5577 Å a été très étudiée. Pendant l'IGY et l'IGC toutes les stations photométriques l'avaient inscrite à leur programme. Les mesures ne sont malheureusement pas vraiment comparables par suite des difficultés d'étalonnage absolu; cependant il est possible de pallier cet inconvénient en formant pour chaque station le rapport des intensités au Nord et au Sud à 75° de distance zénithale et aussi en comparant des mesures faites en des stations différentes appartenant à une même chaîne, soigneusement intercomparées. C'est par ce moyen que Jeanine Christophe-Glaume (51, 52) a pu retrouver et préciser des résultats obtenus antérieurement par Roach sur la position d'une zone de maximum d'émission dont la latitude se déplace avec la saison (maximum en été et en hiver vers 50°–55° de latitude géographique, minimum aux équinoxes vers 37°–41°). Toujours d'après ce même auteur, la structure de la couche serait très stable aux basses latitudes, alors qu'elle serait soumise à d'importantes variations aléatoires vers les latitudes moyennes, ce qui est dû aux 'cellules' de Roach, Tandberg-Hanssen et Meggill, dont les propriétés viennent d'être discutées à nouveau par U. Haug (92).

La possibilité de détecter un effet de marée lunaire dans l'émission de 5577 Å a attiré l'attention de divers chercheurs. Alors que Tohmatsu, Kaneda, et Nagata (262, 263) annoncent

avoir mis cet effet en évidence, Jeanine Christophe-Glaume (90) d'une part, et Davidson (60) d'autre part, estiment qu'il est indétectable actuellement. Des résultats encore inédits et bien plus précis de Jeanine Christophe-Glaume confirment encore ce point de vue.

La raie verte de l'oxygène est aussi l'une des radiations principales du spectre de l'aurore, c'est pourquoi aux latitudes élevées son intensité est en corrélation très étroite avec l'indice magnétique K_p . Aux latitudes moyennes, McCaulley, Roach et Matsushita (147) ont montré que l'intensité de 5577 Å est en corrélation bien meilleure avec ΔH (écart instantané de la composante magnétique horizontale H avec la normale). Jeanine Christophe-Glaume (50) a étudié pour les stations de l'Observatoire de Haute-Provence et de Tamanrasset la variation de l'intensité de 5577 Å dans les heures qui suivent le début brusque d'une perturbation magnétique (ssc): après un premier maximum qui se produit 45 minutes après le ssc, l'intensité recommence à augmenter pendant une durée actuellement non précisée, mais comprise entre 4 heures et 24 heures.

Le mécanisme de Chapman:

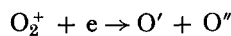


a pendant longtemps été seul invoqué pour rendre compte de l'émission nocturne de 5577 Å. Il est toujours accepté par de nombreux chercheurs mais il faut mentionner que trois groupes d'expérimentateurs (Young, Robert et Clark; Schade et Kaplan; Barth et Hildebrandt (23) ont annoncé en 1960 que le taux de la réaction mesuré au laboratoire est de plusieurs ordres de grandeurs trop petit.

D'après Barth, une variante de cette réaction serait possible: ce n'est plus l'atome qui est laissé dans un état excité mais la molécule nouvellement formée; il pourrait alors y avoir transfert d'excitation à un atome voisin qui émettait la raie 5577 Å, s'il n'était pas désexcité par choc auparavant. Cette dernière éventualité serait rare à 100 km d'altitude, en sorte que par ce mécanisme, l'émission, tout comme dans le cas Chapman, serait proportionnelle au cube de la densité de l'oxygène atomique.

Le renforcement crépusculaire de la raie 5577 Å avait été annoncé dès 1948 par J. et M. Dufay. L'existence de cet effet était resté controversée; cependant Megill (149-151) l'a observé à plusieurs reprises avec une intensité très variable et cette émission ne peut provenir de l'excitation des atomes d'oxygène par la raie 2972 Å.

Depuis les observations de Wallace et Nidey (282) la présence de la raie 5577 Å dans le spectre de la luminescence diurne est maintenant certaine et son intensité est de l'ordre de 1 kR. Wallace et Nidey proposent le mécanisme d'émission suivant:



La raie 6300 Å de [OI]

La découverte des phénomènes particuliers auxquels donne lieu l'émission de la raie 6300 Å dans les régions de basses latitudes a été signalée dans le dernier Draft Report. Depuis, les chercheurs de l'Institut d'Astrophysique de Paris ont réalisé, en 1960 et 1961, deux missions aéroportées de France en Afrique du Sud (17) pour étendre ces observations et la première de ces missions comportait une station fixe à Tamanrasset. Puis une autre mission comportant deux stations à Tamanrasset et à Agadez (14) a encore eu lieu vers la fin de 1962. Il résulte de ces observations qu'il existe, de part et d'autre de l'équateur magnétique vrai, et à environ douze degrés de celui-ci, des zones d'émission intense de 6300 Å appelées *arcs intertropicaux* qui se déplacent du nord au sud au cours de la nuit, parfois régulièrement et parfois par sauts.

La formule empirique suivante

$$Q = Kf_0^2 e^{-(h'-200)/H} + C$$

(où Q est l'intensité au zénith de la raie 6300 \AA , f_0 et h' la fréquence critique et la hauteur virtuelle de la couche ionosphérique F, et K , C , H trois constantes à déterminer par les observations) permet de relier, avec un très bon accord, les données optiques et ionosphériques, ainsi que cela a été montré par A. et D. Delsemme (63) à Lwiro, Barbier et Jeanine Glaume (18) à Tamanrasset, Barbier, Roach et Steiger (19) à Hawaii. Cette formule permet de rendre compte d'autres mesures, par exemple (inédit) celles de Silverman et Casaverde (246) à Huancayo, et par suite de prévoir le comportement des arcs intertropicaux en des régions où ils n'ont pas encore été observés; ce comportement est très différent en Afrique et en Amérique: alors qu'en Afrique l'arc intertropical nord disparaît en été, l'arc intertropical sud subsistant toute l'année, en Amérique l'arc nord subsiste toute l'année et c'est l'arc sud qui disparaît pendant l'été (austral).

A Hawaii (19) l'arc nord, tout comme en Afrique, disparaît en été et laisse subsister seulement quelques renforcements d'intensités importants, de durée réduite et survenant à des heures variables.

La formule précédente peut être améliorée en remplaçant la fréquence critique f_0 par la fréquence mesurée à l'altitude $h' + H$. L'accord entre données ionosphériques et données optiques est encore meilleur si l'on utilise des profils électroniques vrais.

Des triangulations sur les arcs intertropicaux, à partir de deux stations, conduisent à des altitudes en général comprises entre 240 et 300 km qui ont atteint 340 et même 400 km. Ces altitudes sont tout à fait comparables à la hauteur virtuelle de la couche F mesurée simultanément.

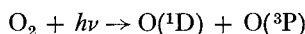
La raie rouge des arcs intertropicaux est accompagnée d'une raie verte d'intensité environ cinq fois plus faible. On sait que deux groupes de réactions ont été proposés pour rendre compte de l'émission de la raie rouge.



Seul le groupe *a* peut donner naissance à la raie verte, et par suite il doit jouer un rôle prépondérant dans la recombinaison électronique de la couche F.

La nappe occidentale, c'est-à-dire l'émission très forte et rapidement décroissante au début de la nuit qu'on observe dans les régions de latitudes moyennes, est certainement émise suivant les groupes de réactions *a* (et *b* ?).

L'émission de 6300 \AA pendant le jour a récemment été observée, depuis le sol par Noxon et Goody (171) et par Shepherd (241), depuis un ballon par Wallace (281), et depuis une fusée par Zipf et Fastie (300). Sans doute son excitation est-elle due en partie au mécanisme



qui est la cause du phénomène crépusculaire vrai observé facilement le matin, car il n'est pas confondu avec la nappe occidentale. Mais il est bien probable que la cause principale de l'émission de la luminescence diurne de 6300 \AA réside dans la recombinaison électronique radiative suivant les mécanismes *a* (et *b* ?) en sorte qu'elle serait plutôt le prolongement de la nappe occidentale. La formule proposée plus haut n'est certes pas applicable en période diurne, car h' n'est plus alors la hauteur vraie de la base de la couche F, mais néanmoins elle permet de prévoir que l'intensité de 6300 \AA doit être très grande pendant le jour.

Le doublet D du sodium et les autres raies des métaux

Parmi les raies émises par les métaux, seules les raies D du sodium sont observables dans la luminescence nocturne; elles ont fait l'objet de mesures nombreuses, mais aucun résultat d'ensemble ne paraît s'en dégager jusqu'ici.

Toutes les raies des métaux actuellement connues, raies de résonance de NaI, LiI, KI, CaII appartiennent à la luminescence diurne, NaI seul ayant d'ailleurs été observé en plein jour et depuis le sol par Blamont et Donahue (27, 28), les autres raies n'ayant été détectées que pendant les périodes crépusculaires. Toutes ces raies étaient connues sauf le doublet de KI découvert par Sullivan et Hunten (254) pendant la période couverte par ce rapport.

La difficulté d'interprétation des phénomènes crépusculaires montrés par les raies D par suite de l'absorption appréciable due au sodium atmosphérique est exposée en détail dans l'ouvrage de Chamberlain. Les observateurs mesurent maintenant séparément les deux raies D₁ et D₂ dont le rapport des intensités est un bon indicateur de l'effet d'absorption.

Les procédés de détermination de l'abondance en altitude des atomes de sodium ont été améliorés par Rundle, Hunten et Chamberlain (211), puis par Hunten (96). Bullock et Hunten (34) en ont fait l'application aux observations de Saskatoon.

Les résultats d'une série étendue de mesures effectuées dans l'hémisphère sud a été publiée par Tinsley et Vallance Jones (261).

Un premier essai de synthèse dû à Donahue et Blamont (67) semble montrer qu'il existe une zone plus active pour l'émission du sodium crépusculaire qui se déplace en latitude au cours de l'année.

Le lithium crépusculaire a fait lui aussi l'objet de mesures nombreuses. Il a montré une nouvelle recrudescence d'intensité en Novembre 1962 (85, 169) après de nombreuses explosions de bombes atomiques soviétiques. Il n'est pas douteux aussi qu'il existe du lithium naturel dans l'atmosphère. L'intérêt en ce qui concerne celui-ci se porte sur la détermination du rapport des densités en sodium et en lithium pour déceler si ces métaux proviennent de la désagrégation des météores ou des embruns marins; le problème est difficile; d'après Sullivan et Hunten (254), c'est à cette dernière cause que serait due la plus grande partie de l'existence des métaux dans la haute atmosphère.

Une curieuse observation photométrique réalisée par Weill (285) semble montrer que la raie K de CaII peut parfois devenir très intense.

Les bandes de OH

Les bandes du système de vibration-rotation de OH, tout comme les raies D du sodium, sont émises vers 85 km d'altitude. Leur intensité est d'ailleurs en corrélation très étroite avec celle de ces raies.

La variation saisonnière de ce système paraît être caractérisée par un maximum d'hiver et un minimum d'été.

Beaucoup d'observations spectroscopiques ont été faites depuis l'IGY et spécialement en de nombreuses stations de l'U.R.S.S. Elles étaient spécialement orientées vers l'obtention de températures de rotation.

Divers commentaires d'ordre général ont été présentés sur ce sujet. Wallace (277) a attiré l'attention sur une erreur par excès de 8% des températures calculées par un procédé trop rudimentaire. McPherson et Vallance Jones (148) puis Wallace (278) ont montré que les températures de rotation doivent être identiques aux températures cinétiques. Cependant d'après les données de Berg et Shefov (26) il y aurait une différence systématique entre les températures déduites des bandes $v' < 5$ et des bandes $v' > 6$.

La température déduite des bandes de OH est indépendante de la latitude entre 40° et 60° de latitude nord et voisine de 220°K. Elle croît vers les latitudes plus élevées pour arriver à des valeurs de 300° à 400°K à la latitude de 76°6. Malheureusement aucune série de mesures n'a été faite à des latitudes inférieures à 40° N. La question d'une variation saisonnière de la température de OH reste controversée.

Il existe une corrélation entre l'intensité du système de OH et sa température de rotation, mais seulement aux latitudes supérieures à 60° (291). Il faut encore noter la corrélation qui existe entre mesures de températures effectuées simultanément en des stations différentes (239).

La distribution des molécules OH sur leurs différents états de vibration correspond en gros à une répartition de Boltzmann caractérisée par une température de 10 000°K, mais cette distribution peut subir des changements notables.

Pour des renseignements plus étendus sur ce paragraphe on pourra se reporter à la note, qui fait suite à ce rapport, sur les travaux exécutés en U.R.S.S. et à l'article de Wallace (280).

Au point de vue théorique peu de choses nouvelles à signaler, si ce n'est que Ballif et Ven-takeswaran (3) ont tenté d'expliquer la corrélation entre les intensités de Na D et OH.

Les constituants mineurs de la luminescence atmosphérique

Comme nous l'avons déjà mentionné, aucune radiation nouvelle n'a été découverte dans la *luminescence nocturne*. Quelques points d'intérêt ont été discutés.

Raie 5199 Å de [N I]. D'après M. Dufay (75), cette raie est visible de nuit à l'Observatoire de Haute-Provence seulement dans le cas où une aurore (en général subvisuelle) est observée photométriquement en radiation 6300 Å. Par contre cette raie a été observée en l'absence de perturbation magnétique par Mironov et par Yarin (294).

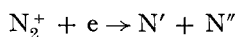
Bande 8645 Å de O₂. Intensité en corrélation avec les températures déterminées d'après les températures de rotation de O₂ et de OH (24).

Spectre continu de la luminescence nocturne. Plusieurs publications soviétiques sont consacrées à ce sujet (154, 226, 256, 266, 268, 290).

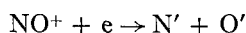
En ce qui concerne la *luminescence diurne*, diverses radiations ont été découvertes. Parmi les résultats obtenus on peut citer:

Raie 8446 Å de O I. Cette raie prévue par Shklovskii en 1957 a été découverte au crépuscule par Shefov (232). Son intensité est de 13 rayleighs. Les conditions de sa formation avaient aussi été discutées par Brandt.

Raie 5199 Å de [N I]. Cette raie faible, connue depuis longtemps dans le spectre crépusculaire, a été observée depuis une fusée dans la luminescence diurne par Wallace et Nidey (282). Sa production viendrait en partie de



et en partie de



Système O₂ atmosphérique infrarouge. La bande 0.1 à 1.58 μ avait été découverte en 1958 par Vallance Jones et Harrison. La bande 0.0 à 1.27 μ réabsorbée dans la basse atmosphère a été découverte en plein jour depuis un avion volant à l'altitude de 13 000 m par Noxon et Vallance Jones (173).

Bandes de N₂⁺. Les trois séquences bien connues au crépuscule aux longueurs d'onde 3914 Å, 4278 Å et 4709 Å, ont été observées en plein jour depuis une fusée par Wallace et Nidey (282)

Une émission crépusculaire à 6000 Å a été signalée par Yarin (295). L'avis de l'auteur de ce rapport est que cette émission n'est pas réelle et qu'elle résulte du minimum relatif d'absorption de l'ozone situé entre les deux maxima de 5750 Å et 6020 Å.

La raie 10 830 Å de l'hélium

Nicolet ayant attiré l'attention des chercheurs sur la présence de l'hélium dans la haute atmosphère, l'existence même de cette raie est très importante. En outre, son intensité paraît

très sensible à l'activité solaire et elle est émise à haute altitude. Tous ces faits en font un objet à part dont l'importance est certainement grande.

Comme dans l'aurore, elle a été découverte dans la luminescence crépusculaire par Shefov (228); Shcheglov (221) en a obtenu des anneaux d'interférence avec un interféromètre de Fabry-Pérot. Son intensité est de l'ordre de 1000 rayleighs et sa largeur inférieure à 0,15 Å. L'altitude d'émission serait de 500 à 1500 km.

La raie 10 830 Å avait été découverte antérieurement dans l'aurore polaire éclairée par le Soleil où son intensité peut être 50 fois plus grande. Le processus d'émission proposé par Shefov pour l'émission aurorale doit selon lui s'appliquer encore à l'émission crépusculaire pure: les atomes d'hélium à l'état fondamental, par absorption des raies de l'hélium solaire 537,1 Å et 584,4 Å, sont portés à des niveaux ¹P; de là certains d'entre eux retombent sur le niveau métastable 2¹S, d'où par chocs électroniques ils pourraient arriver au niveau 2³S, lui aussi métastable, et enfin par résonance ces atomes seraient alors susceptibles d'émettre la raie 10 830 Å. Shefov envisage aussi le peuplement direct du niveau 2³S par collision avec des électrons de 25 eV.

Quelques travaux récents sur la corrélation entre l'intensité de cette raie et l'activité solaire sont mentionnés dans le rapport soviétique.

Les raies de l'hydrogène et la Géocouronne

Deux raies de l'hydrogène ont été observées dans la lumière du ciel nocturne: $L\alpha$ à 1215 Å au moyen de fusées et $H\alpha$ à 6563 Å depuis le sol. La première des deux est de beaucoup la plus importante du point de vue théorique en même temps que la plus anciennement connue. Nous allons d'abord examiner ce que nous savons de $H\alpha$.

C'est en 1958 que Prokudina, et indépendamment Kvitte, ont découvert la raie $H\alpha$ dans la luminescence nocturne. Elle se distingue facilement par sa finesse de la raie $H\alpha$ aurorale, qui est large. Cette raie a été observée fréquemment depuis lors.

J. Dufay, M. Dufay et Nguyen Hun Doan (72) ont attiré l'attention sur le fait qu'une partie non négligeable de l'intensité de cette raie peut provenir du passage de nébuleuses étendues dans le champ du spectrographe; elle est alors accompagnée par la raie [N II] 6583 Å, raie caractéristique des nébuleuses.

La raie $H\alpha$ purement atmosphérique est peu intense (environ 10 rayleighs), d'après Fishkova et Markova (83) elle montrerait un maximum d'intensité en Juillet-Août.

Cette raie serait émise par les atomes excités par la raie $L\beta$ solaire dont l'histoire serait analogue à la raie $L\alpha$ que nous allons examiner maintenant.

La raie $L\alpha$ de la luminescence nocturne a été découverte en 1958 par Kupperian, Byram, Chubb et Friedman au moyen d'un compteur de photons porté par une fusée; elle était isolée à l'aide d'un filtre. Depuis lors, un spectre obtenu par Morton (160) a confirmé la réalité de cette identification.

Les faits expérimentaux sont les suivants: Les premiers observateurs ont obtenu une énergie $L\alpha$ de l'ordre de 10^{-2} ergs cm^{-2} sec^{-1} (environ 2500 rayleighs), plus faible dans la direction du point antisolaire. La raie apparaît vers 75 km d'altitude. L'atmosphère terrestre réfléchit très appréciablement $L\alpha$ dans la région de 100 km d'altitude et son albedo est de 42%.

Depuis lors, les variations d'intensité de la raie, mesurée vers le haut et vers le bas, ont été étudiées entre 350 et 1200 km par Chubb, Friedman, Kreplin et Mange (54).

La largeur de la raie a été estimée par Morton et Purcell (161): une cuve à hydrogène atomique absorbait presque complètement le rayonnement réfléchi par l'atmosphère et laissait passer environ 15% du rayonnement provenant d'en haut, ce qui indiquait une émission par des atomes doués d'une vitesse radiale supérieure à 10 km sec^{-1} .

La densité des atomes d'hydrogène, dans la région de 120–200 km, est plus grande la nuit que le jour, comme cela résulte des observations de Heath and Fastie (93) (voir aussi Donahue (66) ainsi que Donahue et Fastie (69)).

Dès la découverte de $L\alpha$ dans la luminescence atmosphérique, il a paru certain que la cause primitive de cette émission résultait de la forte raie d'émission $L\alpha$ du Soleil. On a pensé initialement que cette raie était diffusée dans l'espace interplanétaire. En fait cette diffusion ne peut constituer l'essentiel du phénomène, ne serait-ce qu'à cause de la vitesse de la Terre sur son orbite qui élargirait la raie par effet Doppler et par suite l'albedo atmosphérique ne pourrait atteindre 42%; enfin il est douteux que l'espace interplanétaire puisse être assez riche en atomes neutres. Il est par suite devenu indispensable de prendre en considération la possibilité, initialement mentionnée dès 1959 par Shklovsky, de la présence autour de la Terre d'une géocouronne, pouvant s'étendre jusqu'à plusieurs rayons terrestres.

La théorie d'une géocouronne a d'abord été examinée par Johnson et Fish (111) et par Johnson (109), et indépendamment par Öpik et Singer (180–182). Elle conduit à un modèle fondé sur la théorie statistique des orbites des atomes d'hydrogène et elle ne peut expliquer l'extension sur l'hémisphère obscur de $L\alpha$ pour une géocouronne optiquement mince, ni non plus la largeur appréciable de cette raie.

Des modèles plus raffinés ont alors été examinés. C'est ainsi que Brandt (29–33) a pris en considération l'interaction avec le 'vent solaire' de la géocouronne, ce qui la transformerait en une queue terrestre qui contiendrait des atomes en train de s'échapper.

Toute une série de publications par Donahue (65, 66), Donahue et Thomas (70, 71), Donahue et Fastie (69) examine le cas d'une géocouronne optiquement épaisse au centre de $L\alpha$.

Un article récent de Chamberlain (43) traite de la théorie des couronnes planétaires en relation avec l'évaporation de l'hydrogène atmosphérique. Il contient des tables des contours Doppler des raies d'après son modèle.

LES AUBORES DE BASSES LATITUDES

Les problèmes de l'aurore ne relèvent pas de cette Commission, bien que les 'draft reports' précédents aient donné une analyse assez détaillée des observations faites aux basses latitudes et des questions qu'elles soulèvent.

Avec l'extension qu'ont prises les observations aurorales, ce sujet, s'il était examiné en détail comme par le passé, prendrait une trop grande extension. On le limitera à quelques indications sur la manière dont les phénomènes auroraux interfèrent aux basses latitudes avec les observations photométriques de la luminescence nocturne.

Le tableau suivant fait connaître d'après les observations faites en diverses stations, et pour la raie 5577 Å, la valeur limite K_p à partir de laquelle on a des chances de constater une contribution aurorale dans l'intensité zénithale. Les stations sont caractérisées par la valeur du paramètre L de McIlwain qui est une bien meilleure caractérisation de leur position au point de vue magnétique que la latitude géomagnétique.

Station:	Rapid City	Fritz Peak	Camden	Haute-Provence
Lat. Géogr.:	+44°	+40°	–34°	+44°
L	2.91	2.35	1.91	1.75
K_p	4	5	6	8

La raie 6300 Å apparaît beaucoup plus facilement aux basses latitudes et la valeur correspondante de K_p , à l'Observatoire de Haute-Provence, est de l'ordre de 5.

Une activité aurorale peut être observée plus près de l'équateur dans le cas d'aurores éclairées par le Soleil.

Le phénomène de l'arc auroral stable (appelé aussi arc monochromatique) découvert en 1958 par Barbier et indépendamment par Duncan a fait l'objet de nombreuses observations et de nombreux commentaires (7, 145, 157, 158, 176, 192, 200, 201, 204, 205, 208, 264). Une étude d'ensemble du phénomène est due à F. E. Roach et J. R. Roach (210).

QUESTIONS DIVERSES

Le mode d'exposition choisi pour ce rapport, exposant les résultats radiation par radiation, ne met pas en évidence les exposés synthétiques. Il faut donc citer :

sur les températures déduites des radiations de la luminescence et de l'aurore, le travail de Hunten (97).

sur les déterminations d'altitudes au moyen de fusées, le travail de Packer (187).

sur les énergies émises dans la luminescence atmosphérique, le travail de Chamberlain (39).

Il est devenu impossible d'étendre ce rapport à la description de tous les travaux de laboratoire pouvant présenter un rapport avec les problèmes de la luminescence atmosphérique. Nous devons nous contenter de mentionner les mises au point d'ensemble: celles de Dalgarno (56a, 56b), et toutes celles qui ont fait l'objet du colloque de Berkeley.

Un autre problème sur lequel il n'est pas possible, non plus, de s'étendre est celui de l'expérimentation dans la haute atmosphère, qu'il s'agisse de traînées dégageées par des fusées ou d'explosions de haute altitude.

Par contre le problème de la luminescence atmosphérique dans l'atmosphère des planètes autres que la Terre et les recherches sur leurs couronnes fait certainement partie du domaine d'activité de la Commission 21.

En ce qui concerne la luminescence nocturne, c'est seulement sur Vénus qu'on pourrait songer à la détecter, mais on devrait probablement tenter cette observation en dehors de l'atmosphère terrestre pour s'affranchir de la lumière diffusée du croissant et des radiations crépusculaires terrestres.

La luminescence diurne des atmosphères planétaires pourrait sans doute être observée, toujours depuis une fusée, tout au moins dans l'ultraviolet lointain, car la lumière solaire diffusée serait limitée par absorption. Chamberlain et Sobouti (40, 46, 248-250) ont examiné en détail cette possibilité, spécialement en ce qui concerne les bandes de Lyman, Birge, Hopfield de N_2 dans le cas de Mars.

La possibilité de couronnes planétaires a également été envisagée: dans le cas de Mars, l'existence d'une couronne composée d'oxygène atomique paraît possible d'un point de vue théorique.

Pour une vue d'ensemble sur les problèmes de la luminescence atmosphérique des planètes, on pourra se reporter aux mises au point de Chamberlain (42, 44, 45).

D. BARBIER

Président de la Commission

BIBLIOGRAPHIE

A: Livres

- I Bates, D. R., Ratcliffe, J. A. *Physics of the Upper Atmosphere*, New York, Academic Press, p. 219, 1960.
- II Chamberlain, J. W. *Physics of the Aurora and Airglow*, New York, Academic Press, 1961.
- III Khvostikov, I. A. *Physics of Ozonosphere and Ionosphere*, Publ. House: Acad. Sci. U.S.S.R., Moscow, 1963.

- IV Yao, I. G. *Observations of the Night Airglow during the International Geophysical Year and the International Geophysical Co-operation*. Pergamon Press, 1962.
- V *Inst. Phys. Atlas of the Airglow Spectrum 3000–12400 Å*; *Atm. U.S.S.R. Acad. Sci.* 1962.
- VI *Symp. Aéronomie UGGI*, Copenhagen, Juillet 1960. Ed. M. Nicolet, Paris, 1960.
- VII *Symp. UAI/UGGI no. 18: Theoretical Interpretation of Upper Atmosphere Emissions*, Paris, Juin 1962. D. R. Bates, Ed., Pergamon Press, London, 1963.

B: Articles

Note: la notation *Sbornik* est utilisée dans les références ci-dessous pour: *Spektr. elektrofotometr. i radiolokac. issled. poljarn. sijanij i svećenija nočn. neba.* (Spectral, electrophotometric and radiolocation investigations of aurorae and night airglow). Voir Note précédant la Bibliographie de l'Appendice au présent Rapport.

1. Argemi, L., Barbier, D., Camman, G., Marsan, J., Huille S., Morguleff, N. (Observations de l'arc intertropical nord en radiation 6300Å) *C.R. Acad. Sci. Paris*, **256**, 2215, 1963.
2. Armstrong, E. B. The temperature in the atmosphere region emitting the nightglow OI 5577 Å line and in regions above faint auroral arcs. *J. atmos. terr. Phys.*, **13**, 205, 1959.
3. Ballif, J. R., Venkateswaran, S. V. An explanation for the observed correlation between the hydroxyl and sodium emissions of the night sky. *J. Atmos. Sci.*, **19**, 426, 1962.
4. Ballif, J. R., Venkateswaran, S. V. A study of hydroxyl (OH) and sodium (Na) emissions from the night sky. *Scient. Rep., Univ. Cal. Inst. of Geophysics and planetary Physics*, 1962.
5. Ballif, J. R., Venkateswaran, S. V. The sodium nightglow. *J. Atmos. Sci.*, **20**, 251, 1963.
6. Ballif, J. R., Venkateswaran, S. V. On the temporal variations of the OH nightglow. *J. Atmos. Sci.*, **20**, 1, 1963.
7. Barbier, D. L'arc auroral stable. *Ann. Géophys.*, **16**, 544, 1960.
8. Barbier, D. L'émission de la raie rouge du ciel nocturne et les propriétés de la couche F de l'ionosphère. *C.R. Acad. Sci. Paris*, **252**, 3315, 1961.
9. Barbier, D. Les variations d'intensité de la raie 6300 Å de la lumière du Ciel Nocturne. *Ann. Géophys.*, **17**, 3, 1961.
10. Barbier, D. La raie rouge de l'oxygène dans la lumière du Ciel Nocturne. *Studia geoph. et geod.*, **4**, 350, 1960.
11. Barbier, D. Photométrie photoélectrique de la luminescence du ciel nocturne aux observatoires de Haute-Provence et de Tamanrasset. *AGI. Participation française IV*, **1**, 35, 1961.
12. Barbier, D. Etude de la couche F d'après l'émission de la raie rouge du ciel nocturne. *Planet. and Space Sci.*, **10**, 29, 1963.
13. Barbier, D. Comparaison d'observations photométriques et ionosphériques de la couche F. *C.R. Acad. Sci. Paris*, **257**, 2138, 1963.
14. Barbier, D. Nouvelles observations de la raie rouge du ciel nocturne en Afrique. *Ann. Géophys.*, **20**, 22, 1964.
15. Barbier, D. La luminescence atmosphérique. *Proc. Symp. on the results of the IGY* (Nat. Acad. Sci.) (to be published).
16. Barbier, D., Delsemme-Jehoulet, D. Résultats préliminaires de l'étude photométrique de la lumière du ciel nocturne par les stations françaises et belges pendant l'AGI. *Ann. IGY*, **11**, 149, 1961.
17. Barbier, D., Fafiotte, M., Weill, G. Mission aérienne pour l'étude de l'aurore et du ciel nocturne dans les régions de latitudes élevées. *Ann. Géophys.*, **18**, 221, 1962.
18. Barbier D., Glaume, J. La couche ionosphérique nocturne F dans la zone intertropicale et ses relations avec l'émission de la raie 6300 Å du ciel nocturne. *Planet. and Space Sci.*, **9**, 133, 1962.
19. Barbier, D., Roach, F. E., Steiger, W. R. The summer intensity variation of [OI] 6300 Å in the tropics. *J. Res. NBS*, **66D**, 145, 1962.
20. Barbier, D., Volot, J., Péliissier, J. Observations de la lumière du ciel nocturne aux Iles Kerguelen. *Ann. Géophys.*, **19**, 184, 1963.

21. Barbier, D., Weill, G., Daguillon, J., Marsan, J. L'émission de la raie rouge du ciel nocturne dans la zone intertropicale. *C.R. Acad. Sci. Paris*, **252**, 304, 1961.
22. Barbier, D., Weill, G., Glaume, J. L'émission de la raie rouge du ciel nocturne en Afrique. *Ann. Géophys.*, **17**, 305, 1961.
23. Barth, C. A., Hildebrandt, A. F. The 5577 Å airglow emission mechanism. *J. Geophys. Res.*, **66**, 985, 1961.
24. Berg, M. A., Shefov, N. N. OH emission and atmospheric O₂ band λ 8645 Å. *Sbornik*, no. 9, 46, 1962.
25. Berg, M. A., Shefov, N. N. Emission of the hydroxyl bands and of the (O, 1) 8645 Å atmospheric band of oxygen in the nightglow. *Planet. and Space Sci.*, **9**, 167, 1962.
26. Berg, M. A., Shefov, N. N. The hydroxyl emission with the several vibrational excitation. *Sbornik* no. 10, 19, 1963.
27. Blamont, J. E., Donahue, T. M. L'émission atmosphérique des raies D du sodium observée pendant le jour. *C.R. Acad. Sci. Paris*, **251**, 2750, 1960.
28. Blamont, J. E., Donahue, T. M. The dayglow of the sodium D lines. *J. Geophys. Res.*, **66**, 1407, 1960.
29. Brandt, J. C. Interplanetary gas. V. A Hydrogen cloud of terrestrial origin. *Astrophys. J.*, **134**, 394, 1961.
30. Brandt, J. C. Interplanetary gas. VI. On the diffuse extreme ultraviolet Helium radiation in the night and day sky. *Astrophys. J.*, **134**, 975, 1961.
31. Brandt, J. C. On the role of secondary scattering in Lyman α problem. *Planet. and Space Sci.*, **9**, 67, 1962.
32. Brandt, J. C. On the Lyman α problem and the geocoma hypothesis. *Nature, Lond.*, **195**, 894, 1962.
33. Brandt, J. C. On the interpretation of the night sky Lyman- α radiation and related phenomena. *Space Res.*, **2**, ed. H. C. Van de Hulst, C. de Jager, and A. F. Moore, Amsterdam, North-Holland, p. 624, 1961.
34. Bullock, W. R., Hunten, D. M. Vertical distribution of sodium in the upper atmosphere. *Can. J. Phys.* **39**, 976, 1961.
35. Byram, E. T., Chubb, T. A., Friedman, H. Attempt to measure night helium glow. Evidence for metastable molecules in the night ionosphere. *J. Geophys. Res.*, **66**, 2095, 1961.
36. Carman, E. H., Gibson-Wilde, B. C., Kilfoyle, B. P., Coleman, W. M. Tropical twilight behaviour of the [OI] 6300 Å airglow at Townsville. *Nature, Lond.*, **198**, 1077, 1963.
37. Carman, E. H., Gibson-Wilde, B. C., Kilfoyle, B. P., Coleman, W. M. Behaviour of zenith [OI] 6300 Å airglow at Townsville during high-altitude nuclear explosions. *J. Geophys. Res.*, **68**, 2855, 1963.
38. Carpenter, M. S., O'Keefe, J. A., III, Dunkelmann, L. Visual observations of nightglow from manned spacecraft. *Science*, **138**, 978, 1962.
39. Chamberlain, J. W. The energies in the spectra of the airglow and aurora. *Ann. Geophys.*, **17**, 90, 1961.
40. Chamberlain, J. W. The interpretation of ultra-violet spectra of planetary atmospheres and the near-infra-red CO₂ bands of Venus. In *The Atmospheres of Mars and Venus* (report by Space Science Board, prepared by W. Kellogg and C. Sagan), 1961, p. 147.
41. Chamberlain, J. W. Upper atmosphere of the planets. *Astrophys. J.*, **136**, 582, 1962.
42. Chamberlain, J. W. Dayglow spectra of the planets. *J. Quant. Spectr. Rad. Transf.*, **2**, 1963 (to be published).
43. Chamberlain, J. W. Planetary coronae and atmospheric evaporation. *Planet. and Space Sci.*, **11**, 901, 1963.
44. Chamberlain, J. W. The geocorona; an area neglected in the IGY program. *Proc. Symp. on the Results of the IGY (nat. Acad. Sci.)* (To be published).
45. Chamberlain, J. W. Airglow and the physics of upper atmospheres. *Science* (to be published).
46. Chamberlain, J. W., Sobouti, Y. Fluorescent scattering in planetary atmospheres. I. Basic theoretical considerations. *Astrophys. J.*, **135**, 925, 1962.

47. Chiplonkhar, N. W., Agashe, V. V. A simultaneous study of the $\lambda\lambda$ 5577, 5893 and 6300 emissions of the night airglow at Poona. *Ann. Géophys.*, **17**, 231, 1961.
48. Chiplonkhar, N. W., Kulkarni, P. V., Agashe, V. V. Intensity and height variations of the λ 5577 emission layer at Poona. *Bull. astr. Inst. Csl.*, **12**, 18, 1961.
49. Chiplonkar, M. W., Kulkarni, P. V. A preliminary note on the study of night airglow at Poona during the IGY. *Ann. IGY*, **11**, 158, 1961.
50. Christophe-Glaume, J. Renforcement d'intensité de la raie verte de l'oxygène lié aux débuts brusques d'orages magnétiques. *C.R. Acad. Sci. Paris*, **256**, 988, 1963.
51. Christophe-Glaume, J. L'émission de la raie verte de l'oxygène le long d'un méridien en Octobre 1962. *C.R. Acad. Sci. Paris.*, **257**, 210, 1963.
52. Christophe-Glaume, J. Emission de la raie verte de l'oxygène en fonction de la latitude. *C.R. Acad. Sci. Paris*, **257**, 486, 1963.
53. Chubb, T. A., Byram, E. T. Rocket observation of the far ultra-violet sky. *Space Res.* **3**. Ed. W. Priestler, North-Holland Publ. Co. Amsterdam, p. 1046, 1963.
54. Chubb, T. A., Friedman, H., Kreplin, R. W., Mange, P. Lyman α radiation in the night sky. *Mém. Soc. R. Sci. Liège*, **4**, pt. 1, 437, 1961.
55. Chuvaev, K. K. On the constituent separation of the night airglow. *Astr. Zu.*, **38**, 692, 1961.
56. Cole, K. D. Airglow and the South-Atlantic geomagnetic anomaly. *J. Geophys. Res.*, **66**, 3064, 1961.
- 56a. Dalgarno, A. Charged particles in the upper atmosphere. *Ann. Géophys.*, **17**, 16, 1961.
- 56b. Dalgarno, A. Vibrationally excited molecules in atmospheric reactions. *Planet. and Space Sci.*, **10**, 19, 1963.
57. Dandekar, B. S., Bhonsle, R. V. An experimental arrangement for scanning night airglow over the sky. *J. sci. industr. Res. (India)*, **20B**, 573, 1961.
58. Dandekar, B. S., Bhonsle, R. V., Ramanathan, K. R. Preliminary report on airglow observations at 5577 Å made at Mt Abu in 1957-58. *Ann. IGY*, **11**, 123, 1961.
59. Danziger, I. J. The 5577 Å [OI] emission line of the airglow at Brisbane. *Austr. J. Phys.*, **14**, 304, 1961.
60. Davidson, T. W. Measurements of lunar time variations in the intensity of 5577 Å airglow. *Planet. and Space Sci.*, **11**, 1133, 1963.
61. Delannoy, J. Sur les observations crépusculaires de la raie du lithium au cours de l'Année Géophysique Internationale. *Ann. Géophys.*, **16**, 507, 1960.
62. Delannoy, J. Note sur la raie crépusculaire 6708 Å du lithium en terre Adélie. *Ann. IGY*, **11**, 147, 1961.
63. Delsemme, A., Delsemme, D. La raie rouge de ciel nocturne à l'équateur. *Ann. Géophys.*, **16**, 507, 1960.
64. Dietze, G. Ein Gerät zur Messung der Himmlicht-Polarisation während der Dämmerung und in der Nacht. *Z. Meteorol.*, **14**, 179, 1960.
65. Donahue, T. M. Excitation of the Lyman α in the night sky. *Space Sci. Rev.*, **1**, 135, 1962.
66. Donahue, T. M. On a large diurnal variation in hydrogen abundance. *J. Geophys. Res.* 1963 (in press).
67. Donahue, T. M., Blamont, J. E. Sodium in the upper atmosphere. *Ann. Géophys.*, **17**, 116, 1961.
68. Donahue, T. M., Blamont, J. E., Lory, M. L. The influence of resonance absorption in the sodium layer on temperature and density measurements in the upper atmosphere. *Planet. and Space Sci.*, **5**, 185, 1961.
69. Donahue, T. M., Fastie, W. G. Fourth Intern. Space Sci. Symp. (COSPAR). Warsaw, June 1963 (in press).
70. Donahue, T. M., Thomas, G. E. Lyman α Scattering in the Earth's hydrogen geocorona. *J. Geophys. Res.*, **68**, 2661, 1963.
71. Donahue, T. M., Thomas, G. Distribution of hydrogen in the outer atmosphere. *Planet. and Space Sci.*, **10**, 65, 1963.
72. Dufay, J., Dufay, M., Nguyen Huu Doan Sur les variations d'intensités des raies H α et [NII] 6583 Å dans le spectre du ciel nocturne. *C.R. Acad. Sci. Paris*, **253**, 974, 1961.

73. Dufay, J., Weill, G. Le spectre du ciel nocturne dans la région visible observé dans l'antarctique. *C.R. Acad. Sci. Paris*, **255**, 2338, 1962.
74. Dufay, M. Sur la présence de la raie H α dans le spectre du ciel nocturne. *J. Phys. Rad.*, **22**, 844, 1961.
75. Dufay, M. Observation de la raie 5199Å de [Ni] dans le spectre du ciel nocturne. *Ann. IGY*, **11**, 153, 1961.
76. Duncan, R. A. Photometric observations of 5577Å and 6300Å airglow during the IGY. *Austr. J. Phys.*, **13**, 633, 1960.
77. Duncan, R. A. Photometric observation of 5577Å and 6300Å airglow during the IGY. *Ann. IGY*, **11**, 162, 1961.
78. Ferguson, A. F., Parkinson, D. The hydroxyl bands in the nightglow. *Planet. Space Sci.* **11**, 149, 1963.
79. Fishkova, L. M. The rotational temperature of the hydroxyl emission of the upper atmosphere. *Abastumanskaja astrof. Obs. Bjull.*, **29**, 55, 1962.
80. Fishkova, L. M. Seasonal and annual intensity variations of the airglow in Abastumani. *Sbornik*, no. 9, 5, 1962.
81. Fishkova, L. M. On space distribution and variations of the H airglow emission. *Sbornik*, no. 10, 35, 1963.
82. Fishkova, L. M., Markova, G. V. On the variations of the H α line 6563Å in the nightglow spectrum. *Dokl. Ak. N. SSSR*, **134**, 799, 1960.
83. Fishkova, L. M., Markova, G. V. OH emission according to observations in Abastumani. *Sbornik* no. 6, 17, 1961.
84. Gadsden, M. Observations of lithium in twilight after a high-altitude thermonuclear explosion. *Ann. Géophys.*, **18**, 392, 1962.
85. Gault, W. A., Hunten, D. M. High abundance of twilight lithium, November 1962. *Nature. Lond.*, **198**, 469, 1963.
86. Gaynullina, R. Ch., Karaygina, Z. V. The investigation of the nightglow spectrum in the wavelength region 6200–6600Å. *Izv. astrofiz. Inst. Ak. N. Kazakh. SSR*, no. 10, 52, 1960.
87. Georgio, N. V. Airglow observations near the auroral zone. *Sbornik* no. 8, 15, 1962.
88. Ghosh, S. N., Sharma, A. Excitation of green and red lines in the night airglow. *J. atmos. terr. Phys.*, **20**, 110, 1961.
89. Gindilis, L. M. The absolute measurements of the nightglow continuum. *Sbornik* no. 11, 28, 1963.
90. Glaume, J. Influence des marées lunaires sur l'émission de la raie verte 5577Å de l'oxygène. *C.R. Acad. Sci. Paris*, **254**, 3399, 1962.
91. Hanson, W. B., Patterson, T. N. L. Diurnal variation of the hydrogen concentration in the exosphere. *Planet. and Space Sci.* 1963 (in press).
92. Haug, U. Zur Statistik der räumlichen Helligkeitsschwankungen der [O α] Linie 5577Å im Nachthimmelleuchten. *J. Atmos. terr. Phys.*, **21**, 225, 1961.
93. Heath, D. F., Fastie, W. G. Spectra of the day airglow and the night airglow in the 1100–2000Å region. *Amer. Geoph. Un. Trans.*, **43**, 435, 1962.
94. Heddle, D. W. O. Studies of the ultra-violet emission from the night sky. *Mem. Soc. R. Sci. Liège*, 5ème sér., **4**, 135, 1961.
95. Hoffmeister, C. Interplanetare Materie und verstärktes Nachthimmelleuchten. *Z. Astrophys.*, **49**, 233, 1960.
96. Hunten, D. M. Resonance scattering by atmospheric sodium. VIII. An improved method of deducing the vertical distribution. *J. atmos. terr. Phys.*, **17**, 295, 1960.
97. Hunten, D. M. Temperatures deduced from aurora and airglow spectra. *Ann. Geophys.*, **17**, 249, 1961.
98. Hunten, D. M. Transmission functions for twilight studies. *J. atmos. terr. Phys.*, **24**, 333, 1962.
99. Hunten, D. M. The production of N $_2^+$ in the atmosphere. *Planet. and Space Sci.* **10**, 37, 1963.
100. Hunten, D. M., Vallance Jones, A., Ellyett, C. D., McLauchlan, E. C. Sodium twilight at Christchurch, New Zealand. *J. atmos. terr. Phys.* (in press).

101. Huru-hata, M., Nakamura, T., Tanabe, H., Tohmatsu, T. Oxygen red line in the night airglow and ionospheric F2 region. *Rep. Ionosph. Space Res. Japon*, **13**, 283, 1959.
102. Huru-hata, M., Nakamura, J. Latitude dependency of airglow emissions 5577 and 6300 Å. *Ann. IGY*, **11**, 161, 1961.
103. Huru-hata, M., Nakamura, T. Stability of fluorescent standard light. *Tokyo astr. Bull. Ser. II*, no. 160, 1963.
104. Ingham, M. F. The nightglow spectrum. I. $\lambda\lambda$ 3700–4650 Å. *Mon. Not. R. astr. Soc.*, **124**, 505, 1962.
105. Ingham, M. F. The nightglow spectrum. II. H α radiation in the night sky. *Mon. Not. R. astr. Soc.*, **124**, 523, 1962.
106. Jarrett, A. H. Instrumental optics and problems of the Earth's atmosphere. *Planet. and Space Sci.*, **9**, 675, 1962.
107. Jarrett, A. H., Hoey, M. J. A ground level photographic observation of the day airglow emission of atomic oxygen at 6300 Å. *Planet. and Space Sci.*, **11**, 1251, 1963.
108. Johnson, F. S. The telluric hydrogen corona and some of its consequences. *Space Res.*, **1**, 736, 1960.
109. Johnson, F. S. The distribution of hydrogen in the telluric hydrogen corona. *Astrophys. J.*, **133**, 701, 1961.
110. Johnson, F. S. Structure of the upper atmosphere. *Satellite Environment Handbook*. Ed. Francis S. Johnson. Stanford Univ. Press, 1961. p. 17.
111. Johnson, F. S., Fish, R. A. The telluric hydrogen corona. *Astrophys. J.*, **131**, 502, 1960.
112. Kamiyama, H. Intensity variation of oxygen red line in the night airglow. *J. Geomagn. and Geoelectr.* (Kyoto), **14**, 58, 1962.
113. Karyagina, Z. V. The hydroxyl emission in the airglow spectrum according to observations in Alma-Ata. *Sbornik* no. 8, 6, 1962.
114. Karyagina, Z. V. The nightglow emission of the ultra-violet spectrum. *Sbornik* no. 10, 15, 1963.
115. Kato, Y., Okuda, M. Report on observation of the oxygen green line in night airglow. *Sci. Rep. Tôhoku Univ. Ser. 5*, **14**, 1, 1962.
116. King, G. A. M., Roach, F. E. Relationship between red auroral arcs and ionospheric recombination. *J. Res. NBS*, 65D, 129, 1961.
117. Kodama, M. Night airglow observations on M/S/ Soya during the period from November 1961 to April 1962. *Antarctic Record* (Tokyo) (in press).
118. Kononovich, E. W., Shefov, N. N. Variations of the solar ultra-violet radiation and the excitation of the emissions in the twilight spectrum. *Geomagn. i Aeron.*, **3**, 3, 1963.
119. Koomen, M. J., Gulledege, I. S., Packer, D. M., Tousey, R. Night airglow observations from orbiting spacecraft compared with measurements from rockets. *Science*, **140**, 1087, 1963.
120. Krassovsky, V. I. Some problems of physics of the upper atmosphere. *Proc. 11th Intern. Astronaut. Congr. Stockholm*, no. 61, 518, 1960.
121. Krassovsky, V. I. Some results of investigations of aurorae and night airglow during the IGY and IGC. *Uspekhi fiz. nauk* (Moskva), **75**, 501, 1961.
122. Krassovsky, V. I. On the nature of the OH emission in the upper atmosphere. *Sbornik* no. 5, 29, 1961.
123. Krassovsky, V. I. Some results of investigations of aurorae and night airglow during the IGY and IGC. *Planet. and Space Sci.*, **8**, 125, 1961.
124. Krassovsky, V. I. The chemistry of the upper atmosphere. *Isk. sputn. zemli* (Moskva), **17**, 3, 1963.
125. Krassovsky, V. I. The chemistry of the upper atmosphere. *Space Res.* **3**, Washington 1963, p. 96.
126. Krassovsky, V. I. The hydroxyl emission in the upper atmosphere. *Sbornik* no. 10, 24, 1963.
127. Krassovsky, V. I. Hydroxyl emission in the upper atmosphere. *Planet. and Space Sci.*, **10**, 7, 1963.
128. Krassovsky, V. I., Shefov, N. N. Rapid photo-electrons and helium emission in the upper atmosphere. *Planet. and Space Sci.* (in press) 1963.

129. Krassovsky, V. I., Shefov, N. N., Yarin, V. I. On the OH airglow. *J. atmos. terr. Phys.*, **21**, 46, 1961.
130. Krassovsky, V. I., Shefov, N. N., Yarin, V. I. Atlas of the airglow spectrum 3000–12 400 Å. *Planet. and Space Sci.*, **9**, 883, 1962.
131. Kreplin, R. W., Friedman, H., Chubb, T. A., Mange, T. Further comments on the role of secondary scattering in the Lyman- α problem. *Planet. and Space Sci.*, **9**, 68, 1962.
132. Kvitte, G. Auroral and nightglow observations at Aas. *J. atmos. terr. Phys.*, **16**, 252, 1959.
133. Kvitte, G. Nightglow observations at Aas during IGY. *Geofiz. Publ. (Oslo)*, **20**, no. 12, 1959.
134. Kvitte, G. The twilight radiation at 6708 Å. *Nature, Lond.*, **183**, 1384, 1959.
135. Kvitte, G. The alkali metals in the upper atmosphere. *Fra Fysikkens Verden. (Oslo)*, **21**, 253, 1960.
136. Kvitte, G. Wavelengths of the visible and near infra-red bands of the OH rotation vibrational system and rotational term values of the $X^2\Pi_{3/2}$ and $X^2\Pi_{1/2}$ levels of the OH molecule. Dept. of Physics. Agricultural College of Norway, June 1960.
137. Kvitte, G. Temperature measurements from OH bands. *Planet. and Space Sci.*, **5**, 153, 1961.
138. Kvitte, G. Relative population of OH $X^2\Pi$ levels. *Planet. and Space Sci.*, **5**, 158, 1961.
139. Kviz, Z., Link, F., Neuzil, L., Zacharov, I. Mesures de la luminance crépusculaire dans le programme tchécoslovaque de l'AGI et de la CGI, 1957–1959. *Bull. astr. Inst. Csl.*, **13**, 133, 1962.
140. Link, F. Emissions de la haute atmosphère pendant le crépuscule. *Ann. IGY*, **11**, 149, 1961.
141. Link, F. Emissions crépusculaires mesurées à Lomnický Stit (2634m) au cours l'AGI et la CGI, 1957–1959. *Bull. astr. Inst. Csl.*, **14**, 13, 1963.
142. Link, F., Neuzil, L. Etalonnage des photomètres du ciel nocturne en service pendant l'AGI et la CGI. *Studia geoph. geodet.*, **6**, 193, 1962.
143. Lytle, E. A., Hunten, D. M. Observations of N_2^+ twilight and sunlit aurora. *Can. J. Phys.*, **40**, 1370, 1962.
144. Maartense, I., Hunten, D. M. A note on N_2^+ twilight and sunlit aurora. *Can. J. Phys.* (in press).
145. Marovich, E., Roach, F. E. Distribution of latitude of red arcs. *J. Geophys. Res.*, **68**, 1885, 1963.
146. McCaulley, J. W., Hough, W. S. A relationship between the lower ionosphere and the [OI] 5577 nightglow emission. *J. Geophys. Res.*, **64**, 2307, 1959.
147. McCaulley, J. W., Roach, F. E., Matsushita, S. A study of local geomagnetic influence in the [OI] 5577 nightglow emission at Fritz Peak. *J. Geophys. Res.*, **65**, 1499, 1960.
148. McPherson, D. H., Jones, A. V. A study of the latitude dependence of OH rotational temperatures for Canadian stations. *J. atmos. terr. Phys.*, **17**, 302, 1960.
149. Megill, L. R. A study of the atmospheric twilight emissions [OI] 5577 and [OI] 6300. *Doctorate Thesis, Univ. Colorado*, 1959.
150. Megill, L. R. Photometric observations of the twilight glow [OI] 5577 and [OI] 6300. *J. atmos. terr. Phys.*, **17**, 276, 1960.
151. Megill, L. R., Jamnick, Pauline, M., Cruz, J. E. Seasonal variations in the twilight enhancement of [OI] 5577. *J. atmos. terr. Phys.*, **18**, 309, 1960.
152. Megill, L. R., Rees, M. H., Droppleman, L. K. Electric fields in the ionosphere and the excitation of the red lines of atomic oxygen. *Planet. and Space Sci.*, **11**, 45, 1963.
153. Megill, L. R., Roach, F. E. The integrated starlight over the sky. *NBS Techn. Note* no. 106, 1961.
154. Migulin, A. V. On the separation of the nightglow continuum components. *Sbornik* no. 11, 21, 1963.
155. Mironov, A. V. Some results of electrophotometrical measurements of airglow. *Sbornik* no. 6, 12, 1961.
156. Mironova, L. V., Shefov, N. N. The wavelengths of the rotation-vibration OH bands. *Sbornik* no. 8, 11, 1962.

157. Moore, J. G. The geographic positions of the stable red arcs of October 25 and October 26, 1960. *J. phys. Soc. Japan*, **17**, Suppl. A1, 210, 1962.
158. Moore, J. G., Odencrantz, F. K. The height and geographical position of the red auroral arc of April 1-2, 1960. *J. Geophys. Res.*, **66**, 2101, 1961.
159. Moroz, V. I. On the nightglow brightness in the region 0.9-1.8 μ . *Astr. Zu*, **38**, 998, 1961.
160. Morton, D. C. Spectroscopic observations of the night sky in the extreme ultra-violet. *Planet. and Space Sci.*, **9**, 459, 1962.
161. Morton, D. C., Purcell, J. D. Observations of the extreme ultra-violet radiation in the night sky using an atomic hydrogen filter. *Planet. and Space Sci.*, **9**, 455, 1962.
162. Nakamura, M. Diurnal variation of the intensity of OH emissions in the night sky. *Rep. Ionosph. Space Res. Japan*, **15**, 346, 1961.
163. Nakamura, M. Height of the layer of near infra-red OH emissions. *Rep. Ionosph. Space Res. Japan.*, **15**, 364, 1961.
164. Nakamura, T. Latitude dependency of airglow emissions. *Antarctic Record* (Tokyo) no. 11, 237, 1960.
165. Nakamura, T. Latitude effect of oxygen red line of night airglow and its relation with ionospheric F layer. *Rep. Ionosph. Space Res. Japan.*, **15**, 245, 1961.
166. Nakamura, T. Photo-electric observations of the night airglow emissions (5577Å, 5893Å, 6300Å and OH infra-red). *Antarctic record* (Tokyo) no. 12, 14, 1961.
167. Nguyen Huu-Doan, Variations au cours du crépuscule du rapport des intensités des raies D du sodium atmosphérique. *C.R. Acad. Sci. Paris*, **251**, 3031, 1960.
168. Nguyen Huu-Doan, Résultats préliminaires sur le rapport des intensités des raies D₂ et D₁ émises dans la haute atmosphère au crépuscule et pendant la nuit. *Ann. IGY*, **11**, 154, 1961.
169. Nguyen Huu-Doan. Sur l'excitation de la raie crépusculaire du lithium (6708 Å) observée à l'Observatoire de Haute-Provence depuis Novembre 1962. *C.R. Acad. Sci. Paris*, **256**, 1141, 1963.
170. Noxon, J. F. Observation of the ($b^1\Sigma_g^+ - a^1\Delta_g$) transition in O₂. *Can. J. Phys.*, **39**, 1110, 1961.
171. Noxon, J. F., Goody, R. M. Observation of day airglow emission. *J. Atmos. Sci.*, **19**, 342, 1963.
172. Noxon, J. F. A balloon-borne spectrometer for study of the airglow beyond 2,0 μ . *Can. J. Phys.*, **39**, 1120, 1961.
173. Noxon, J. F., Vallance Jones A. Observations of the (0,0) band of the ($^1\Delta_g - ^3\Sigma_g^-$) system of oxygen in the day and twilight airglow. *Nature, Lond.*, **196**, 157, 1962.
174. O'Brien, B. J. Southern hemisphere observations of sodium emission throughout twilight. *J. Geophys. Res.*, **65**, 137, 1960.
175. O'Brien, B. J., de Laharpe G. Portable airglow photometer. *J. Scient. Instrum.*, **37**, 54, 1960.
176. O'Brien, B. J., Van Allen, J. A., Roach, F. E., Gartlein, C. W. Correlation of an auroral arc and a subvisible monochromatic 6300Å arc with outer-zone radiation on November 28, 1959. *J. Geophys. Res.*, **65**, 2759, 1960.
177. Odencrantz, F. K., Lee, J. B., Devereaux, H. L. Visible sodium airglow on the night of January 30-31, 1960. *J. Geophys. Res.*, **67**, 5131, 1962.
178. Okuda, M. A study of excitation process in night airglow. *Sci. Rep. Tohoku Univ.* Ser. 5, **14**, 9, 1962.
179. Omholt, A. The discharge theory of the nightglow emission [OI] λ 5577. *Phys. Norveg.*, **1**, 33, 1962.
180. Öpik, E. J., Singer, S. F. Distribution of density in a planetary exosphere. *Phys. Fluids*, **2**, 653, 1959.
181. Öpik, E. J., Singer, S. F. Distribution of density in a planetary exosphere. *Phys. Fluids*, **3**, 486, 1960.
182. Öpik, E. J., Singer, S. F. Distribution of density in a planetary exosphere. *Phys. Fluids*, **4**, 221, 1961.
183. Oti, N. Study on [OI] λ 5577 of night airglow. I. Height of [OI] λ 5577 emitting layer. *Sci. of Light* (Tokyo), **10**, 81, 1961.

184. Oti, N. Photo-electric photometer for observing night airglow [OI] λ 5577. *J. Sci. Hiroshima Univ.*, **23A**, 351, 1962.
185. Oti, N. Study on [OI] λ 5577 of night airglow. II. Diurnal variations of [OI] λ 5577 line. *J. Sci. Hiroshima Univ.*, **25A**, 361, 1962.
186. Oti, N. Study on [OI] λ 5577 of night airglow. III. Seasonal variations of [OI] λ 5577 line. *J. Sci. Hiroshima Univ.*, **25A**, 373, 1962.
187. Packer, D. M. Altitude of the night airglow radiations. *Ann. Géophys.*, **17**, 67, 1961.
188. Pande, M. C., Varma S. S. Study of variations of the forbidden oxygen lines in the nightglow. *J. atmos. terr. Phys.*, **20**, 195, 1961.
189. Potter, A. E., Jr., Del Duca B. S. Origin of the sodium airglow. *J. Geophys. Res.*, **65**, 3915, 1960.
190. Prokudina, V. S. Suppl. to the paper 'Some peculiarities of the airglow spectra and of the aurorae of low latitudes'. *Sbornik* no. 5, 32, 1961.
191. Purdy, C. M., Megill, L. R., Roach, F. E. A new airglow photometer. *J. Res. NBS*, **65C**, 213, 1961.
192. Rees, M. H., A method for determining the height and geographical position of an auroral arc from one observing station. *J. Geophys. Res.*, **68**, 175, 1963.
193. Rees, M. H., Dheer, C. S. Twilight enhancement of atmospheric sodium emission at College Alaska. *J. Geophys. Res.*, **67**, 2309, 1962.
194. Roach, F. E. The intercalibration of airglow photometers. *NBS Rep. no. 5591*, July 21, 1958.
195. Roach, F. E. The night airglow (prime). *Geophysics and the IGY, Geophys. Monogr.* no. 2, 97, 1958.
196. Roach, F. E. The night airglow. *Proc. IRE*, **47**, 267, 1959.
197. Roach, F. E. Upper Atmosphere and Space. *Book of Knowledge*, 1959.
198. Roach, F. E. The intensity of [OI] 5577 in the subauroral region as a function of magnetic activity. *J. Geophys. Res.*, **65**, 1495, 1960.
199. Roach, F. E. Variations of [OI] 5577 Å emission in the upper atmosphere. *Ann. Géophys.*, **17**, 172, 1961.
200. Roach, F. E. Auroral arcs in mid-latitudes. *NBS Techn. News Bull.* no. 46, 42, 1962.
201. Roach, F. E. International Conference on Cosmic Rays and the Earth Storm, Part I. *J. phys. Soc. Japan*, **17**, Suppl. AI, 258, 1962.
202. Roach, F. E. Airglow research. *Amer. geophys. Un. Trans.*, **44**, 431, 1963.
203. Roach, F. E. The nightglow. *Adv. Electronics and Electron Phys.*, Vol. 18. Academic Press, New York, 1963.
204. Roach, F. E., Barbier, D., Duncan, R. A. Observations of a 6300 Å arc in France, The United States, and Australia. *Ann. Géophys.*, **18**, 390, 1962.
205. Roach, F. E., Marovich, E. The aurora of October 22-23, 1958, at Rapid City South Dakota. *J. Res. NBS*, **64D**, 205, 1960.
206. Roach, F. E., McCaulley, J. W., Marovich, E., Purdy, C. M. A comparative study of absolute zenith intensities of [OI] 5577. *J. Geophys. Res.*, **65**, 1503, 1960.
207. Roach, F. E., Megill, L. R. Integrated starlight. *Astrophys. J.*, **133**, 228, 1961.
208. Roach, F. E., Moore, J. G., Bruner, E. C., Jr., Cronin, H., Silverman, S. M. The height of maximum luminosity in an auroral arc. *J. Geophys. Res.*, **65**, 3575, 1960.
209. Roach, F. E., Rees, M. H. The absolute zenith intensity of [OI] 5577 at College, Alaska. *J. Geophys. Res.*, **65**, 1489, 1960.
210. Roach, F. E., Roach, J. R. Stable 6300 Å auroral arcs in mid-latitudes. *Planet. and Space Sci.*, **11**, 523, 1963.
211. Rundle, H. N., Hunten, D. M., Chamberlain, J. W. Resonance scattering by atmospheric sodium. VII. Measurement of the vertical distribution in twilight. *J. atmos. terr. Phys.*, **17**, 205, 1960.
212. Saito, B. Airglow continuum and zodiacal light extending to higher ecliptic latitudes. *Rep. Ionosph. Space Res. Japan*, **14**, 180, 1960.
213. Saito, B. Background of airglow [OI] 5577 and two-colour photometry. *J. Fac. Sci. Niiigata Univ.*, Ser. 1, **3**, no. 1, 1960.

214. Saito, B. Report on night airglow observations in the 5th Japanese antarctic research expedition 1960-61. Latitude dependency. *Antarctic Record*, (Tokyo), no. 14, 1, 1962.
215. Saito, B. Unusual enhancement of night airglow intensity at low latitudes on November 13, 1960. *Antarctic Record*, (Tokyo), no. 14, 8, 1962.
216. Salova, G. I. On the hydroxyl rotational temperature according to observations in Turkmenia. *Izv. Akad. Nauk. Turkm. SSR. Ser. fiz.-tekh.* no. 1, 115, 1962.
217. Salova, G. I. The rotational temperature of the OH bands according to observations in Ashkhabad. *Sbornik* no. 9, 44, 1962.
218. Sandford, B. P. The behaviour of night sky 6300, 5577 and 3914 Å emissions at Scott Base, Antarctica. *J. atmos. terr. Phys.*, 21, 182, 1961.
219. Schade, W. J. The auroral green line in laboratory afterglows and the night airglow. *J. Geophys. Res.*, 66, 1559, 1961.
220. Shcheglov, P. V. The twilight flash of the infra-red helium line λ 10 830 Å. *Astr. Zu.*, 39, 158, 1962.
221. Shcheglov, P. V. Observation of the twilight helium emission λ 10 830 Å with Fabry-Pérot interferometer. *Sbornik* no. 9, 59, 1962.
222. Shcheglov, P. V. On the concentration of nightglow H α -emission to the ecliptic and on the radial velocities of this line. *Astr. Cirk.* no. 237, 1, 1963.
223. Shcheglov, P. V. The observations of the several small nightglow emissions by image converter telescoping. *Sbornik* no. 10, 40, 1963.
224. Shefov, N. N. On the determination of the rotational temperature of the OH bands. *Sbornik* no. 5, 5, 1961.
225. Shefov, N. N. Observations of the OH emission in Zvenigorod. *Sbornik* no. 5, 18, 1961.
226. Shefov, N. N. Continuous emission in the night airglow. *Sbornik*, no. 5, 39, 1961.
227. Shefov, N. N. On vibrational population rates of OH molecules. *Sbornik* no. 6, 21, 1961.
228. Shefov, N. N. The twilight helium emission λ 10 830 Å. *Astr. Cirk.* no. 222, 11, 1961.
229. Shefov, N. N. Emission de l'hélium dans la haute atmosphère. *Ann. Géophys.*, 17, 395, 1961.
230. Shefov, N. N. Sur l'émission de l'hélium dans la haute atmosphère. *Ann. Géophys.*, 18, 125, 1962.
231. Shefov, N. N. The helium emission in the upper atmosphere. *Sbornik* no. 8, 50, 1962.
232. Shefov, N. N. The twilight OI 8446 Å emission. *Sbornik* no. 9, 55, 1962.
233. Shefov, N. N. Behaviour of the twilight helium emission at λ 10 830 Å, *Sbornik* no. 10, 56, 1963.
234. Shefov, N. N. The correlation between the upper atmosphere emissions. *Sbornik* no. 11, 46, 1963.
235. Shefov, N. N. The upper atmosphere emissions and the noctilucent clouds. *Sbornik* no. 11, 52, 1963.
236. Shefov, N. N. The rare gas emission in the airglow and aurora. *Sbornik* no. 11, 70, 1963.
237. Shefov, N. N. The helium in the upper atmosphere. *Planet. and Space Sci.*, 10, 73, 1963.
238. Shefov, N. N., Yarin, V. I. On the latitudinal dependence of the OH rotational temperature. *Sbornik* no. 5, 25, 1961.
239. Shefov, N. N., Yarin, V. I. Latitudinal and planetary variations of the OH airglow. *Sbornik* no. 9, 19, 1962.
240. Shemansky, D. E., Vallance Jones, A. New measurements of the night airglow spectrum in the 1.5 μ region. *J. atmos. terr. Phys.*, 22, 166, 1961.
241. Shepherd, G. G. A Fabry-Pérot spectrometer for auroral and airglow observations. *Can. J. Phys.*, 38, 1560, 1960.
242. Shepherd, G. G., Bens, A. R. Twilight lithium in the upper atmosphere. II. Fine and hyperfine structure of twilight lithium emission, November 1962. *Nature, Lond.*, 198, 470, 1963.
243. Shuyskaya, F. K. An attempt of the detection of dayglow emissions during Sun's eclipse February 15, 1961. *Sbornik* no. 10, 44, 1963.
244. Silverman, S. M. Unusual fluctuations of 5577 Å [OI] airglow emission intensity in October 28-29, 1961. *Nature Lond.*, 195, 481, 1962.

245. Silverman, S. M. Behaviour of 6300 Å [OI] in the night airglow at Sacramento Peak, New Mexico, during magnetically quiet and magnetically disturbed periods. *J. phys. Soc. Japan*, **17**, Suppl. A1, 205, 1962.
246. Silverman, S. M., Casaverde, M. Behaviour of the 6300 [OI] line at Huancayo. *J. Geophys. Res.*, **66**, 323, 1961.
247. Silverman, S. M., Ward, F., Shapiro, R. The correlation between the 5577 Å night airglow intensity and geomagnetic activity. *J. Geophys. Res.*, **67**, 2255, 1962.
248. Sobouti, Y. Fluorescent scattering in planetary atmospheres. II. Coupling among different transitions. *Astrophys. J.*, **135**, 938, 1962.
249. Sobouti, Y. Fluorescent scattering in planetary atmospheres. III. Formation of Lyman-Birge-Hopfield bands of N₂ in the martian atmosphere. *Astrophys. J.*, **138**, 720, 1963.
250. Sobouti, Y. Fluorescent scattering in planetary atmospheres. IV. Formation of Lyman-Birge-Hopfield bands of N₂ in the terrestrial atmosphere. *Astrophys. J.*, **138**, 748, 1963.
251. Sobouti, Y. Chandrasekhar's X-, Y-, and related functions. *Astrophys. J. Suppl.*, **7**, 411, 1963.
252. Stoffregen, W., Derblom, H., Ånger B. Lithium emission in twilight at Uppsala during November 1962. *Nature, Lond.*, **197**, 783, 1963.
253. Sullivan, H. M., Hunten, D. M. Lithium twilight at Saskatoon, 1960-61. *Nature, Lond.*, **193**, 1064, 1962.
254. Sullivan, H. M., Hunten, D. M. Relative abundances of Li, Na, and K in the upper atmosphere. *Nature, Lond.*, **195**, 589, 1962.
255. Tandberg-Hanssen, E., Roach, F. E. Excitation mechanisms of the oxygen 5577 emission in the upper atmosphere. *J. Res. NBS* 63D, 319, 1959.
256. Taranova, O. G. Continuum emission in airglow and aurorae. *Sbornik* no. 8, 21, 1962.
257. Taranova, O. G. On the statistical treatment of the photo-electric measurements with the filters. *Sbornik* no. 11, 37, 1963.
258. Tarasova, T. M. Direct measurements of night sky luminosity. *Astr. Cirk.* no. 222, 31, 1961.
259. Tarasova, T. M. Direct measurements of the airglow in the region $\lambda = 8640$ Å. *Isk. Sputn. zemli* no. 13, 107, 1962.
260. Tarasova, T. M. Night-sky emission-line energy distribution with respect to height. *Space Res.*, **3**, 162, 1963.
261. Tinsley, B. A., Vallance Jones, A. The seasonal variation of the twilight sodium airglow in the southern hemisphere. *J. atmos. terr. Phys.*, **24**, 345, 1962.
262. Tohmatsu, T., Kaneda, E., Nagata, T. Lunar time variation of oxygen green line in the night airglow. *Rep. Ionosph. Space Res. Japan*, **15**, 90, 1961.
263. Tohmatsu, T., Nagata, T. Dynamical studies of the oxygen green line in the airglow. *Planet. and Space Sci.*, **10**, 103, 1963.
264. Tohmatsu, T., Roach, F. E. The morphology of mid-latitude 6300 Å arcs. *J. Geophys. Res.*, **67**, 1817, 1962.
265. Truttse Yu., L. Anomalous rise in the intensity of the atmosphere's natural glow in the λ 5577 Å region. *Planet. and Space Sci.*, **2**, 993, 1962.
266. Truttse Yu., L. Spectral distribution of the star and terrestrial continuum components in the nightglow. *Sbornik* no. 10, 5, 1963.
267. Truttse, Yu. L. An abnormal intensity enhancement of the 5577 Å airglow. *Sbornik* no. 10, 13, 1963.
268. Truttse, Yu. L. The measurements of the continuum from the photo-electrical observations of the [OI] λ 5577 Å emission. *Sbornik* no 10, 8, 1963.
269. Truttse, Yu. L. The spectral variations of the nightglow continuum. *Sbornik* no. 11, 5, 1963.
270. Truttse, Yu. L. The spatial variations of the oxygen lines' intensities. *Sbornik* no. 11, 56, 1963.
271. Truttse, Yu. L. Connection between the pattern structures of the green and red emissions of the atomic oxygen in the nightglow. *Astr. Cirk.* no. 258, 1, 1963.
272. Vallance Jones A. Metallic emissions in the twilight and their bearing on atmospheric dynamics. *Planet. and Space Sci.*, **10**, 117, 1963.

273. Vallance Jones, A., Gattinger, R. L. The seasonal variation and excitation mechanism of the 1.58μ ($^1\Delta_g - ^3\Sigma_g^-$) twilight airglow band. *Planet. and Space Sci.*, **11**, 961, 1963.
274. Vassy, E. Recherches scientifiques récemment effectuées au moyen de fusées 'Véronique'. Expériences de Physique de la haute atmosphère. *Onde Electrique*, **41**, 778, 1961.
275. Vassy, E. La participation du Laboratoire de Physique de l'Atmosphère à la recherche spatiale. *Rev. Franç. Astronaut.*, **3**, 89, 1961.
276. Wallace, L. The constants of the ($^2\Pi - ^2\Pi$) OH bands. *Astrophys. J.*, **132**, 894, 1960.
277. Wallace, L. Note on airglow temperature determinations from OH spectra. *J. Geophys. Res.*, **65**, 921, 1960.
278. Wallace, L. Seasonal variation and interpretation of the OH rotational temperature of the airglow. *J. atmos. terr. Phys.*, **20**, 85, 1961.
279. Wallace, L. An attempt to observe the day airglow. *J. Geophys. Res.*, **66**, 1585, 1961.
280. Wallace, L. The OH nightglow emission. *J. Atmos. Sci.*, **19**, 1, 1962.
281. Wallace, L. Observation of the day airglow. *J. Geophys. Res.*, **68**, 1559, 1963.
282. Wallace, L., Nidey, R. A. Rocket observation of the day airglow. *J. Geophys. Res.* (in press).
283. Ward, F., Silverman, S. M. Characteristics of the 5577\AA [OI] night airglow at Maruyama and its relation to magnetic activity. *J. Geophys. Res.*, **67**, 5357, 1962.
284. Wark, D. Q. Doppler widths of the atomic oxygen lines in the airglow. *Astrophys. J.*, **131**, 491, 1960.
285. Weill, G. Observations photométriques des radiations violettes du ciel nocturne en été à l'Observatoire de Haute-Provence. *Ann. Géophys.*, **17**, 360, 1961.
286. Weill, G. Aurores polaires et phénomènes crépusculaires observés en radiation 3914\AA dans l'Antarctique. *Ann. IGY*, **11**, 148, 1961.
287. Weissberg, O. L. On the photo-electrical registration of the infra-red spectra. *Sbornik* no. 10, 54, 1963.
288. Yarin, V. I. The OH emission according to observations in Yakutsk. *Sbornik* no. 5, 10, 1961.
289. Yarin, V. I. The correlation between some emissions of the night airglow. *Sbornik* no 5, 33, 1961.
290. Yarin, V. I. Continuous emission and the Herzberg O₂ bands in the night airglow. *Sbornik* no. 5, 35, 1961.
291. Yarin, V. I. On the dependence of intensity of OH bands on the rotational temperature. *Sbornik* no. 8, 9, 1962.
292. Yarin, V. I. Variations of the vibrational population rates of OH molecules. *Sbornik* no. 9, 10, 1962.
293. Yarin, V. I. On the molecular oxygen emissions in Yakutsk. *Sbornik* no. 9, 34, 1962.
294. Yarin, V. I. [NI] λ 5200\AA emission according to the observations in Yakutsk. *Sbornik* no. 9, 53, 1962.
295. Yarin, V. I. Some peculiarities of the twilight continuum. *Sbornik* no. 9, 61, 1962.
296. Young, R. A., Clark, K. C. Rate of the three body atomic oxygen reaction for the excitation of the airglow [OI] 5577\AA line. *Phys. Rev. Letters*, **5**, 320, 1960.
297. Young, R. A., Sharpless, R. L. The nitric oxide β, γ, δ bands in the airglow. *J. Geophys. Res.*, **67**, 2581, 1962.
298. Young, R. A., Sharpless, R. L. Excitation of the O₂ bands in the nightglow. *J. Geophys. Res.*, **67**, 3871, 1962.
299. Zacharov, I. Photometer for measuring the night-sky emission on Lomnice Peak. *Bull. astr. Inst. Csl.*, **13**, 188, 1962.
300. Zipf, E. C., Jr., Fastie, W. G. An observation of day airglow emission at 6300\AA . *J. Geophys. Res.* (in press), 1963.
301. Zwick, H. H., Shepherd, G. G. Ratio and absolute brightness measurements of the sodium D lines in the twilight airglow. *Can. J. Phys.*, **41**, 343, 1963.
302. Isophote maps of night airglow (for the selected period) during the International Geophysical Co-operation 1959. *Nat. Com. IGC, Sci. Coun. Japan*, 1960.

303. Airglow intensity obtained with patrol spectrograph during the IGY and the IGC. *Nat. Com. IGC, Sci. Coun. Japan*, 1960.
304. Absolute intensity of 5577Å emission at Syowa Station during the IGC 1959. *Nat. Com. IGC, Sci. Coun. Japan*, 1961.

ADDENDUM

A Bibliography on Zodiacal Light and Gegenschein during the Triennium 1961-1964

By J. L. Weinberg

This non-annotated bibliography is a compilation of zodiacal light and gegenschein references during the period January 1961 through June 1964 which were available to or known of by the author. Also included are papers on closely related problems which make use of zodiacal light results. It was not our intent to provide another bibliography on the closely-related topic of interplanetary matter, but we have included several references on this and other related subjects on the basis of our bias as to what should be included in such a bibliography.

- _____, Brief description of Ney's and Regener's IQSY zodiacal light programs, Preprint of the U.S. program for IQSY, 39-40, May, 1964.
- Alexander, W. M., McCracken, C. W., Secretan, L., Berg, O. E. Rocket, satellite, and space-probe measurements of interplanetary dust, *IGY Bull.*, no. 61, 7, July 1962; in *Trans. Amer. Geophys. Union*, **43**, 351-360, 1963; published as "Review of Direct Measurements of Interplanetary Dust from Satellites and Probes", in *Space Research III* (W. Priestler, ed.), 891, (New York: Interscience), 1962.
- Beggs, D. W., Blackwell, D. E., Dewhirst, D. W., Wolstencroft, R. D. Further observations of the zodiacal light from a high altitude station and investigation of the interplanetary plasma: I. Introductory survey and photoelectric measurements of brightness, *Mon. Not. R. astr. Soc.*, **127**, 319, 1964a.
- Beggs, D. W., Blackwell, D. E., Dewhirst, D. W., Wolstencroft, R. D. Further observations of the zodiacal light from a high altitude station and investigation of the interplanetary plasma: II. Spectrophotometric observations and the electron density in interplanetary space, *Mon. Not. R. astr. Soc.*, **127**, 329, 1964b.
- Blackwell, D. E. The zodiacal light, *Science Survey*, **3**, 117, 1962.
- Blackwell, D. E. Remarks on the limitations of optical methods for measuring electron densities in the corona and interplanetary space, *Space Science Reviews*, **1**, 612, 1963.
- Blackwell, D. E., Ingham, M. F. Preliminary results of zodiacal light observations from a very high altitude station, *Observatory*, **81**, 1, 1961a.
- Blackwell, D. E., Ingham, M. F. Observations of the zodiacal light from a very high altitude station: I. The average zodiacal light, *Mon. Not. R. astr. Soc.*, **122**, 113, 1961b.
- Blackwell, D. E., Ingham, M. F. Observations of the zodiacal light from a very high altitude station: II. Electron densities in interplanetary space, *Mon. Not. R. astr. Soc.*, **122**, 129, 1961c.
- Blackwell, D. E., Ingham, M. F. Observations of the zodiacal light from a very high altitude station: III. The disturbed zodiacal light and corpuscular radiation, *Mon. Not. R. astr. Soc.*, **122**, 143, 1961d.
- Brandt, J. C., Hodge, P. W. Lunar dust and the gegenschein, *Nature*, **192**, 957, 1961.
- Briggs, R. E. Steady-state space distribution of meteoric particles under the operation of the Poynting-Robertson effect, *Astr. J.*, **67**, 710, 1962.
- Chuvaev, K. K. A separation of the light from the night sky into its components, *Soviet Astr.*, **5**, 526, 1962, translation of *Astr. Zu.*, **38**, 692, 1961.
- Dewhirst, D. W. Further observations of the zodiacal light from a high altitude station and investigation of the interplanetary plasma, account of papers by Beggs, Blackwell, Dewhirst, and Wolstencroft (1964), *Observatory*, **83**, 232, 1963.
- Divari, N. B. Lunar effects on zodiacal brightness, *Soviet Astr.*, **7**, 547, 1964, translation of *Astr. Zu.*, **40**, 717, 1963.
- Divari, N. B., Krylova, S. N. Photoelectric observations of zodiacal light from a high-altitude observatory, *Soviet Astr.*, **7**, 391, 1963, translation of *Astr. Zu.*, **40**, 514, 1963.