

proportion d'argon dans l'atmosphère terrestre. G. B. Field (7) discute la température probable de l'exosphère et les conditions de l'évaporation de l'argon.

En supposant l'intérieur de Mercure en équilibre thermique, la production de chaleur par radioactivité semblable à celle donnée par les météorites chondritiques et une conductivité thermique de $1.33 \text{ cal. deg.}^{-1} \text{ min}^{-1}$, J. C. G. Walker (8) calcule un flux de chaleur à la surface de $3.2 \times 10^{-5} \text{ cal. cm}^{-2} \text{ min}^{-1}$, et une température au pôle de l'hémisphère obscur de 28°K . Toutefois, la densité élevée du globe rend possible l'existence d'un noyau métallique qui changerait les conditions du calcul.

Des échos de radar ont été détectés sur 43 cm par V. A. Kotelnikov (9) qui trouve une réflectivité d'environ 6%, analogue à celle observée sur la Lune, ce qui confirme encore l'analogie entre ces deux astres, déjà prouvée par les propriétés photométriques et polarimétriques. Des mesures ont été recueillies au radar de Goldstone sur 12.5 cm.

BIBLIOGRAPHIE

1. Newburn, R. L. *Adv. Space Science and Technology*, **3**, p. 195. Academic Press, 1961.
2. Dollfus, A. *Handbuch der Physik*, **54**, p. 180. Springer Verlag, 1962.
3. Sagan, C., Kellog, W. W. *Ann. Rev. Astr. and Astrophys.*, **1**, 235, 1963.
4. Dollfus, A. *Icarus*, **2**, 219, 1963.
5. Howard, W. E., Barrett, A. H., Haddock, F. T. *Astr. J.*, **66**, 287, 1961.
6. Howard, W. E., Barrett, A. H., Haddock, F. T. *Astrophys. J.*, **136**, 995, 1962.
7. Field, G. B. *Astr. J.*, **67**, 575, 1962.
8. Walker, J. C. G. *Astrophys. J.*, **133**, 274, 1961.
9. Kotelnikov, V. A. *Dokl. Akad. N. SSSR*, **147**, 1320, 1962.

LA PLANÈTE VÉNUS

Diamètre du globe, masse, densité

La discussion des mesures des instants d'occultation de Régulus par Vénus le 7 juillet 1959 conduisit D. Y. Martynov (1) à la valeur du rayon apparent de Vénus à 1 U.A. de $8''41$, soit 6100 km. G. de Vaucouleurs conclut de même à 6114 km. L'étude des échos radar donna à D. O. Muhleman et ses collaborateurs (2), la valeur 6100 km. B. A. Smith (3) a sélectionné 54 images parmi les clichés qu'il a obtenus à moins de 7° de la conjonction inférieure en novembre 1962; la planète en fin croissant montre un allongement des cornes dû à la diffusion dans l'atmosphère, le rayon de l'auréole mesuré valait $8''486$ à 1 U.A., soit 6155 km. J. H. Focas a utilisé le micromètre biréfringent de A. Dollfus avec le réfracteur de 40 cm de Athènes et trouvé $8''41$.

La sonde spatiale américaine Mariner II est passée le 14 décembre 1962 à 41 000 km du centre de la planète; l'étude de la déviation de la trajectoire donna la masse de la planète avec une très grande précision, soit 0.81485 fois celle de la Terre.

Combinée avec les mesures de diamètre précédentes, non corrigées de l'effet de l'atmosphère, cette détermination donne la densité moyenne du globe de Vénus, soit 5.25 gr cm^{-3} .

Ceintures de radiation, magnétosphère, champ magnétique.

La sonde spatiale Mariner II était munie de compteurs de Geiger-Müller. A l'approche de Vénus à 7 rayons du centre de la planète, le taux de comptage des particules n'a accusé aucune augmentation (L. A. Frank, J. A. van Allen, H. K. Hills (4)). La comparaison avec les relevés de la sonde Explorer XIV au voisinage de la Terre laisse supposer que le moment magnétique dipôle de Vénus est inférieur à 0.18 fois celui de la Terre.

La sonde spatiale portait en outre un magnétomètre sensible à 4 gammas, soit 1.3×10^{-4}

fois le champ magnétique terrestre à l'équateur. A l'approche de Vénus, un faible signal correspondant à 10 gammas a été enregistré, sa variation ne ressemblait pas à celle que donnerait un champ planétaire et il n'excédait pas les variations fortuites continues du champ magnétique interplanétaire (E. J. Smith, L. Davis, P. J. Coleman, C. P. Sonett (5)). Les comparaisons avec un champ dipolaire théorique déformé par le vent solaire, et avec les mesures relevées par les sondes spatiales autour de la Terre indiquent un moment magnétique dipolaire pour Vénus inférieur à 0.10 fois celui de la Terre. Des structures magnétiques multipolaires plus fortes ne sont toutefois pas exclues.

Observations photographiques

E. C. Slipher achève la publication d'une sélection des photographies de Vénus qu'il a obtenues depuis le début du siècle en plusieurs radiations, et plus particulièrement les clichés ultra-violet montrant les formations nuageuses de l'atmosphère. Des séries d'images obtenues en U.V. la même journée à quelques heures d'intervalle montrent de légères variations de configuration.

De grandes collections de photographies de Vénus en U.V. donnant l'évolution des nuages ont été assurées de façon régulière ces derniers temps plus particulièrement par C. Tombaugh et B. A. Smith au New-Mexico (U.S.A.), par C. Boyer à Brazzaville (Congo), par H. Camichel au Pic-du-Midi (France). Plus récemment, C. Capen et R. Newburn ont ajouté leurs contributions au Table Mountain, Californie (U.S.A.). L'ensemble des données est coordonné par la présente Commission de l'UAI.

En mai, juin, et juillet 1962, la présente Commission a organisé une campagne d'observations photographiques en U.V. par des Observatoires répartis sous différentes longitudes, en vue d'une surveillance encore plus continue de l'évolution des nuages. Ont participé aux observations, les Observatoires de Lick (télescope de 300 cm), Lowell (H. Giglas), Tucson (W. K. Hartman), New Mexico University. (C. Tombaugh et B. A. Smith), Pic-du-Midi (H. Camichel), Brazzaville (C. Boyer), Athènes (J. Focas), Kwasan, Japon (S. Miyamoto). Environ 500 images recueillies de la sorte sont actuellement à l'étude au Centre de Données photographiques de la présente Commission à l'Observatoire de Meudon. Des cas de déplacements nuageux significatifs sont relevés et C. Boyer a prouvé la récurrence de configurations semblables fréquentes avec une périodicité voisine de quatre jours.

Les résultats complets de la coopération seront publiés ultérieurement.

Théorie de la circulation atmosphérique

Y. Mintz (6) a calculé le bilan du transfert d'énergie par convection atmosphérique entre l'hémisphère éclairé et l'hémisphère obscur, en tenant compte de la chaleur spécifique, des énergies potentielles et cinétiques des masses d'air, du travail de la pression et des forces de friction, en supposant la rotation égale à la durée de révolution. Le transport n'a lieu que si le gradient thermique vertical est inférieur à la valeur adiabatique. Si la pression atmosphérique au sol vaut plusieurs dizaines de fois la pression atmosphérique terrestre, comme il faut le supposer si on attribue les émissions radioélectriques à une température du sol de 600°K, la vitesse des vents, extrêmement faible, ne dépasserait pas 1 km/sec. Si au contraire la pression au sol est une fraction de la pression sur Terre, la vitesse des vents peut dépasser 600 km/heure, et soulever alors une grande quantité de poussière.

Les observations reportées ci-dessus donnent des déplacements de nuages correspondant à des vitesses intermédiaires entre ces deux cas extrêmes.

Y. Mintz (7) conclut par ailleurs que la circulation semble correspondre à de larges cellules à axes verticaux.

La dynamique de l'atmosphère de Vénus est discutée également par J. R. Mahoney (8) en

supposant des vitesses horizontales du même ordre de grandeur que les vitesses moyennes des vents saisonniers zonaux sur Terre.

D. Y. Martynov (9) discute la circulation thermodynamique dans l'atmosphère de Vénus supposée contenir une très grande quantité d'eau. La vapeur étant saturée dans l'hémisphère obscur, le gradient thermique vertical serait beaucoup plus faible qu'au-dessus de l'hémisphère éclairé; comme la température des nuages est la même, il faut que l'altitude de la couche soit beaucoup plus basse.

Observations polarimétriques

La polarisation de la lumière de l'ensemble du disque de Vénus a été mesurée photo-électriquement entre les angles de phase 28° et 120° à travers six filtres colorés (de 3250Å à 9900Å) par T. Gehrels (10, 11). Les courbes en rouge et infra-rouge suggèrent la diffusion par de petites particules de quelques microns de diamètre, ainsi que Lyot l'avait suggéré; les courbes en ultra-violet donnent un fort maximum vers l'angle de phase 90° , indiquant une contribution appréciable de la diffusion par les molécules de l'atmosphère au-dessus de la couche nuageuse.

A. Dollfus et M. Marin recueillent de nouvelles mesures polarimétriques sur Vénus dans l'infra-rouge, aux longueurs d'ondes 0.85Å , 0.95Å et 1.03Å , à l'Observatoire de Meudon.

D. Deirmendjian (12) a cherché à interpréter la courbe de polarisation complète de Vénus en lumière visible par la théorie de la diffusion par un mélange de très petites particules. Il obtient un résultat raisonnable en supposant des particules diélectriques légèrement absorbantes, d'indice $m = 1.353 - 0.0059i$, ayant des diamètres dispersés autour de 1 micron. Ce résultat théorique est légèrement différent de l'interprétation expérimentale de Lyot, qui donnait 2.5 microns.

A. Dollfus a continué à recueillir au Pic-du-Midi des mesures de la répartition sur la surface de Vénus de la lumière polarisée qui caractérise les variations de l'état poussiéreux et nuageux des différentes régions.

Z. Sekera (13) calcule la répartition de la brillance et de la polarisation sur la surface du disque en tenant compte de la diffusion multiple, dans le cas d'une atmosphère pure surmontant une couche solide ou nuageuse obéissant à la loi de Lambert; il donne des graphiques d'isophotes de brillance et polarisation pour différents angles de phases. E. Öpik (14) donne une interprétation des mesures photométriques de F. E. Ross et R. Richardson en ultra-violet et en jaune.

Etude spectroscopique de la composition de l'atmosphère

De nouveaux spectres photographiques à grande résolution ont été obtenus au Mt Stromlo par Th. Dunham Jr, à l'Observatoire de Crimée par N. Kozyrev et par V. K. Prokofiev, au Mt Wilson par G. Münch, etc.

Des spectres infra-rouges, jusqu'à 3.5 microns, ont été réalisés par G. P. Kuiper (15), par W. Sinton (9), par V. I. Moroz (16); des interférogrammes ont été essayés par H. A. Gebbie, L. Delbouille et G. Roland (17).

Le gaz carbonique CO_2 donne 40 bandes entre 1.0 et 2.5 microns sur les spectres de G. P. Kuiper, plusieurs bandes de $^{13}\text{CO}_2$ sont identifiées, ainsi qu'une forte bande à 2.15 microns attribuée à $^{12}\text{C}^{18}\text{O}^{16}\text{O}$. Plusieurs bandes chaudes de CO_2 sont relevées. W. Sinton et V. I. Moroz confirment les bandes du $^{13}\text{CO}_2$. H. Spinrad observe la faible bande du CO_2 à 7158Å (18). Grâce à des spectres de laboratoire, G. P. Kuiper estime la quantité de CO_2 au-dessus de la couche nuageuse de Vénus voisine de 2 km. atm., valeur plus élevée que les déterminations précédentes par L. Kaplan (100 m. atm.). Cette quantité est variable d'un jour à l'autre et

d'une région à l'autre du disque en raison de l'évolution de la couverture nuageuse. Le rapport de la quantité isotopique $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ semble du même ordre que dans le cas de l'atmosphère terrestre, soit 1/89. Le rapport $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ paraît être aussi du même ordre que sur Terre. H. Spinrad confirme par l'étude de la bande 7820 Å une teneur en CO_2 au-dessus des nuages voisine de 2 km. atm. (9).

L'oxyde de carbone CO semble identifié à 2.35 microns sur les spectres de W. Sinton (9), les comparaisons au laboratoire donnant une teneur de l'ordre de 80 cm.atm. avec une large marge d'erreur. V. I. Moroz confirme la faible bande à 2.35 microns, mais estime la teneur à 4 cm.atm. seulement. G. P. Kuiper ne retrouve aucune trace de cette bande sur ses spectres et donne la limite supérieure 3 cm.atm. (16).

Le tétr oxyde d'azote N_2O_4 semble complètement absent (H. Spinrad (19)). Le formaldéhyde HCHO, d'après Spinrad, serait inférieur à 0.3 cm.atm.

L'oxygène O_2 a été recherché avec une attention particulière par V. K. Prokofiev et N. N. Petrova (9), sur des spectres à grande résolution des bandes 6300 Å, 6900 Å, et 7600 Å. Les profils des raies de ces bandes semblent légèrement asymétriques dans le sens prévu par le déplacement Doppler des raies de la planète. Les auteurs concluent à la détection de O_2 ; ils considèrent prudemment une estimation quantitative prématurée.

La vapeur d'eau H_2O a été recherchée sur des spectres photographiques susceptibles de séparer la raie planétaire 8180 Å par effet Doppler par H. Spinrad (20), qui n'a rien trouvé et donne une limite supérieure de 7.10^{-3} gr. cm^{-2} . Cependant, par une étude spectrophotométrique comparative de la bande 1.4 microns de H_2O dans les spectres de Vénus, de la Lune et du Soleil, entreprise en ballon stratosphérique depuis 1959, puis en haute montagne au Jungfraujoch, A. Dollfus a décelé en janvier 1963 l'absorption spectrale correspondant à l'eau sur Vénus (21). La quantité d'eau au-dessus de la couche nuageuse peut être estimée très approximativement à 10^{-2} gr cm^{-2} .

Gibson et Cobbet (22) ont observé Vénus au radio-télescope sur la radiation 1.35 cm correspondant à l'absorption par l'eau et n'ont pas trouvé le minimum d'émission prévu par A. H. Barrett dans le cas d'une quantité d'eau de plusieurs grammes par cm^2 sur Vénus.

La glace pourrait être un constituant possible des nuages de Vénus. W. Sinton (9) cherche à expliquer la décroissance de l'éclat de ses spectres sur Vénus, entre 1 et 3 microns, par la diffusion que donneraient des cristaux de glace d'environ 3 microns de diamètre. G. P. Kuiper (15) observe une forte absorption vers 2 microns au voisinage des bandes de la glace, mais établit des différences qui lui font rejeter cette interprétation.

Le néon serait l'un des constituants importants de l'atmosphère de Vénus, selon l'étude cosmochimique de H. S. Suess (23) qui discute les caractères oxydants et réducteurs de cette atmosphère.

Luminescence de l'hémisphère obscur

N. A. Kozyrev, qui avait annoncé l'observation d'un spectre de raies d'émission sur l'hémisphère non éclairé de Vénus, a effectué de nouveaux spectres qui ne montrent plus aucun effet. G. Newkirk obtient aussi des spectres négatifs (24). T. C. Owen a réalisé encore une série de spectres qui ne montrent aucune trace de raies d'émissions (25).

Cependant l'analyse spectrophotométrique des raies H et K du crépuscule terrestre sur le fond de la partie non éclairée du disque de Vénus conduisit N. Kozyrev à suspecter un autre type d'émission (26), que G. M. Ildis chercha à interpréter (27).

A. B. Meinel et D. T. Hoxie (28, 29) discutent les spectres de raies atomiques ionisées que pourraient produire le CH_2O et C_3O_2 créés photochimiquement dans l'atmosphère, par suite des décharges électriques des éclairs dans l'hémisphère obscur de Vénus.

Température radiométrique

W. M. Sinton a effectué de nouvelles mesures de l'émission à 3.5 et à 3.75 microns sur l'hémisphère obscur de Vénus et confirmé la température de 235°K semblable à celle de la face éclairée (9).

La sonde spatiale américaine Mariner II a relevé lors de son passage à 41 000 km de la planète, le 14 décembre 1962, des mesures bolométriques en balayant trois fois le disque planétaire, sur les deux longueurs d'onde 8.4 microns et 10.4 microns. Le premier domaine spectral correspond à une région de transparence de l'atmosphère terrestre. Le second domaine est fortement absorbé par des bandes du CO₂. Des calibrations ont été faites sur des corps noirs avant et pendant le vol. Les deux domaines spectraux donnèrent exactement la même température, identique sur les hémisphères éclairés et obscurs, voisine de 240°K au centre du disque et s'abaissant à 220°K près du limbe. Il faut donc que la radiation provienne d'une couche nuageuse uniforme, opaque aux rayonnements sous-jacents et que l'absorption par le CO₂ au-dessus de cette couche soit très faible (S. C. Chase, L. D. Kaplan, G. Neugebauer (30)). Une région de l'hémisphère Sud près du terminateur donnait une température inférieure à la moyenne d'environ 10°.

A la même époque, les 14, 15, 16 et 17 décembre 1962, B. C. Murray, R. L. Wildey et J. A. Westphal (31) ont balayé chaque nuit la surface de Vénus avec le télescope de 5 m de Palomar et un détecteur sensible de 8 à 14 microns, et dressé des cartes donnant la répartition de la température sur le disque de Vénus avec une très grande précision. La température au centre du disque est 208°K, nettement plus basse que celle donnée par les méthodes antérieures; aucune différence n'apparaît entre les hémisphères éclairés et obscurs; la décroissance de température vers les bords du disque est dissymétrique dans le sens du plan orbital, les pôles étant plus froids; une tache légèrement plus chaude que la moyenne apparaît près du pôle Sud.

Température spectroscopique

Les anciennes déterminations de température de rotation dans l'infrarouge par Kuiper et Chamberlain ont été réexaminées par L. D. Kaplan (32, 33), qui donne $T = 235^{\circ}\text{K}$ et une pression atmosphérique au niveau de la couche nuageuse voisine de 90 ou 140 mb. Une nouvelle étude des bandes à 7820 Å sur les spectres de Adams et Dunham de 1930, par H. Spinrad (34, 9), donne la pression par le contour des raies, et la température par la distribution de l'intensité des raies de rotation. La température et la pression varient fortement d'un spectre à l'autre comme le ferait une atmosphère variable. Les plus fortes températures correspondent aux plus fortes pressions, comme le voudrait une pénétration plus profonde dans l'atmosphère entre les nuages. Les valeurs les plus élevées sont $T = 440^{\circ}\text{K}$ et $p = 6$ atm. L'atmosphère serait donc semi-transparente pour ce domaine spectral.

Plus récemment, en reprenant le travail précédent, L. D. Kaplan (9) remarque que les répartitions d'intensité des raies de rotation donnent deux maxima pour $\mathcal{J} = 16$ et $\mathcal{J} = 24$ à 26, correspondant à deux valeurs de la température 300°K et 700°K. Ces deux maxima proviendraient de l'existence d'une couche absorbante basse à l'altitude correspondant à la température 450°K et distincte de la couche élevée absorbante à 10 μ et donnant 235°K. C. Sagan a supposé que la couche pourrait provenir d'hydrocarbures. G. P. Kuiper (15) signale que ses observations, dans le domaine 1 à 2 microns, des bandes du CO₂ sensibles à la température donnent des valeurs nettement supérieures à 300°K.

Emission radioélectrique

Les ondes centimétriques et millimétriques pénètrent probablement beaucoup plus profondément encore dans l'atmosphère et peuvent provenir du sol. Voici la liste des nombreuses déterminations récentes:

Longueur d'onde en cm	Température équivalente (conjonction supérieure)	auteurs
0.40	390 ± 120°K	Kisljakov <i>et al.</i> (35)
0.43	350 ± 50	Grant, etc. (36)
0.80	374 ± 75	Kuzmin et Salomonovitch (37)
0.85	380 ± 55	Lynn, etc. (38)
0.86	410 ± 30	Gibson (39)
1.18	395 ± 75	Staelin, etc. (40)
1.35	520 ± 40	Gibson et Corbett (22)
1.60	534 ± 60	Kuzmin, etc. (16)
2.07	500 ± 70	McCullough, etc. (41)
3.15	548 ± 60	Mayer, etc. (9)
3.30	542 ± 85	Bibinova, etc. (42)
9.60	690 ± 100	Kuzmin et Salomonovitch (43)
10.0	583 ± 48	Drake (44)
10.7	580 ± 70	Clark et Spencer (45)
18.0	596 ± 100	„ „
21.0	616 ± 100	„ „
21.0	600	Lilley (46)

La température de corps noir équivalente de Vénus est comprise entre 350 et 400°K pour les radiations entre 0.40 et 1.18 cm; elle s'accroît rapidement à 500°K entre 1.35 et 2.07 cm; elle s'élève encore lentement jusqu'à 600°K entre 10 et 21 cm.

En fonction de l'angle de phase de Vénus, Kisljakov trouve sur 0.40 cm un très léger minimum juste avant la conjonction inférieure; Grant, sur 0.43 cm, ne trouve aucune variation; Kuzmin et Salomonovitch trouvent sur 0.80 cm un minimum à la conjonction inférieure; Mayer, sur une longue série d'observations à 3.15 cm, trouve un minimum de 548° à 12° après la conjonction inférieure, la valeur extrapolée du maximum loin de la conjonction étant 694°K. Drake, à l'aide également d'une longue série, trouve sur 10 cm un minimum de 583°K pour la phase 17° après la conjonction, et une température extrapolée maximum de 660°K.

Toutes ces observations indiquent une température plus élevée sur l'hémisphère éclairé de Vénus que sur l'hémisphère obscur, le minimum étant peut-être légèrement déplacé dans le sens que donnerait une rotation rétrograde.

Les mesures interférométriques à haute résolution donnent déjà quelques indications sur la répartition de l'émission sur le disque. Clark et Spencer interprètent leurs observations sur 9.4 cm comme provenant d'un disque uniforme de diamètre 15% plus grand que Vénus, ou encore d'un anneau brillant au limbe contenant 1/4 du flux; ces interprétations favoriseraient donc une contribution de l'ionosphère à l'émission recueillie. Pour les longueurs d'ondes plus courtes 3.02 cm, Korolovskov et ses collaborateurs (47) trouvent au contraire une nette diminution d'émission au bord du disque, comme le voudrait une émission par le sol ou la très basse atmosphère, en partie absorbée par une atmosphère supérieure plus froide.

Ce dernier résultat est confirmé par les mesures relevées par la sonde spatiale américaine Mariner II le 14 décembre 1962 sur la longueur d'onde 1.9 cm au cours de trois balayages du disque planétaire (48); le centre du disque donnait 570°K, et les bords 410° et 450°K.

Interprétation des émissions radioélectriques

Beaucoup d'auteurs ont attribué les émissions radioélectriques de Vénus de 0.4 cm à 21 cm, et leurs variations vers le limbe et avec la phase à une réelle température du sol, aussi élevée que 670°K sur la face obscure et 750°K sur l'hémisphère éclairé, l'atmosphère beaucoup plus froide contribuant à absorber partiellement cette émission (cf. par exemple C. Sagan. (49, 50).

Très intéressante et peu exploitée est aussi la suggestion de C. W. Tolbert et A. W. Straiton (51) d'une contribution possible des décharges électriques entre les particules de poussière près de la surface.

L'ionosphère peut apporter une certaine contribution, surtout pour les longueurs d'ondes supérieures à quelques centimètres. Il faudrait supposer une densité électronique moyenne de l'ionosphère aussi élevée que $5 \cdot 10^8$ électrons par cm^3 (D. E. Jones (52)) (A. D. Kuzmin et A. E. Salomonovitch (53, 9)), près de 100 fois supérieure à celle prévue par l'ionisation photoélectrique solaire. W. Priester et ses collaborateurs (54) supposent des nuages de densité $2 \cdot 10^9$ électrons par cm^3 occupant $1/4$ de la surface d'une couche ionisée de densité moyenne $5 \cdot 10^8$ électrons par cm^3 . Pour accorder ces données avec les intensités des échos radar, A. D. Daninov et S. P. Yatsenko (16) considèrent une ionosphère opaque à 10 cm, mais avec une rapide décroissance de la densité électronique dans sa partie supérieure. A. D. Kuzmin (16) calcule des modèles pour différentes valeurs de la température du sol, de sa constante diélectrique, la densité de l'ionosphère et la surface des lacunes entre les nuages électroniques.

Il faut encore expliquer la très forte densité électronique.

Selon F. L. Scarf (55), l'absence de champ magnétique autour de la planète permettrait aux protons du vent solaire de réagir directement avec l'ionosphère, créant des instabilités de plasma dans lesquelles 0.1% de l'énergie incidente serait renvoyé dans l'espace à une fréquence harmonique élevée de la fréquence critique du plasma.

De très abondantes chutes météoritiques ont également été invoquées. De nombreuses objections subsistent.

Réflexion des échos radar

C. H. Mayer a préparé pour le présent Rapport un mémoire dont voici un extrait: 'Observations using a radar at 68 cm wavelength: G. H. Pettengill *et al.* (56), W. B. Smith (57) gave a value for the astronomical unit of $149\,597\,850 \pm 400$ km. A distinct surface smoother than that of the Moon was inferred from the range dispersion of the signals and the echo intensity was consistent with a hard rocky surface with a reflectivity of 11% corresponding to a dielectric constant of 4.1. The frequency broadening of the signal was compatible with a rotation period of 225 (+275, -110) days which suggests slow, possibly retrograde rotation.

Radar measurements at a wavelength of 12.5 cm: Muhleman *et al.* (2), Victor and Stevens (58) gave a value for the astronomical unit of $149\,598\,500 \pm 500$ km, a value for the radar cross section of $11 \pm 2\%$ of geometric, and indicate small scale surface roughness similar to the Moon and a rotation rate of 200 to 400 days. More recent measurements: R. M. Goldstein and R. L. Carpenter (59) indicate that Venus may rotate in the retrograde sense with a period of approximately 240 days.

Measurements at 43 cm wavelength: V. A. Kotelnikov *et al.* (60) gave a value for the astronomical unit of $149\,599\,300 \pm 570$ km. The spectra of the returned signal from Venus showed in addition to the narrow band echo a wide band component which was not found by the other groups of observers. If the broad band component is interpreted as due to Venus, a rotation period of 10 days is implied, while if interpreted as not due to Venus a rotation period greater than 100 days is consistent with the measurements.

A radar measurement at 74 cm was reported by Thomson *et al.* (61), which gave a value for the solar parallax of 8.7943 ± 0.0003 sec. of arc. Another measurement giving a value for the astronomical unit of $149\,596\,000 \pm 200$ km was reported by I. Maron *et al.* (62). W. Priester *et al.* (54) found a correlation between the systematic variations in the 68 cm radar distance to Venus and the intensity of the 20 cm radiation from the Sun, a good indicator of solar activity, in the opposite sense, to be explained by increased electron density in the path, and they advance a possible explanation based on a variable reflecting level in the ionosphere of Venus. D. O.

Muhleman (63) also notes this correlation using the 10.7 cm solar flux and interprets it in terms of either a sweeping out of electrons or an increase of recombinations due to increased solar activity. Muhleman discusses the results of the 12.5 and 68 cm radar measurements and concludes that the effects of plasma phenomena are small, and that the echo power indicates an average dielectric constant of the surface between 3 and 7, interpreted as evidence against large bodies of water on Venus.'

Plus récemment, O. N. Rzhiga a communiqué de nouveaux résultats (16). L'écho présenterait comme dans le cas de la Lune une composante provenant de la réflexion spéculaire de largeur 1 Hz et de pouvoir réflecteur 30 à 40%, et une composante due à la diffusion, de largeur 15 Hz et de réflectivité 12 à 18%. La largeur du signal reçu indiquerait, dans le cas d'un axe de rotation perpendiculaire à l'orbite, une période de rotation d'environ 300 jours dans le sens rétrograde.

Structure et modèles de l'atmosphère

Différents modèles théoriques d'atmosphères ont été invoqués; leurs caractères spéculatifs les rendent provisoires.

Le modèle éolosphérique proposé par E. J. Öpik (64) suppose la température du sol voisine de 600°K, avec une pression de l'ordre de 4.3 atm. L'absorption des radiations provenant des basses couches nécessaires pour réaliser cette température serait due à la poussière très dense dont l'atmosphère serait chargée. La principale source de chaleur serait la friction du vent sur le sol. La poussière serait principalement composée de grains de carbonates de calcium et de magnésium qui constitueraient les nuages observés. Ce modèle, qui suppose une quantité de poussière considérable et des vents très rapides, explique mal les apparences des voiles éphémères et mouvants observés en lumière ultra-violette. On a objecté aussi que la différence de température entre les deux hémisphères éclairés et obscurs décelés par les radiotélescopes n'était pas expliquée.

Le modèle avec effet de serre, proposé en particulier par C. Sagan, suppose une atmosphère transparente dans le domaine visible, et complètement absorbante dans l'infra-rouge de 5 à 12 microns. Le rayonnement solaire chauffe alors le sol et la radiation réémise est absorbée, d'où une forte température dans les basses couches. Pour expliquer cependant la température aussi élevée que 600°K suggérée par les mesures radioélectriques, il faut admettre une opacité atmosphérique très complète dans l'infrarouge; S. I. Rasool et R. Jastrow (65, 66) estiment l'épaisseur optique nécessaire voisine de 42. Les molécules triatomiques telles que CO₂ et H₂O absorbent l'infrarouge et non le visible, mais contiennent de nombreux intervalles de transmission. Une forte pression atmosphérique élargit les bandes et réduit ces intervalles; selon G. N. Plass et V. R. Stull (67), le CO₂ à la pression de 30 atm. donnerait une épaisseur optique de 5 seulement, encore très insuffisante. La vapeur d'eau serait plus efficace, mais une pression atmosphérique de 50 atm. au sol paraît au moins nécessaire. G. Ohring et O. Coté (68) ont montré que l'opacité infrarouge des nuages pouvait également jouer un rôle. Ce modèle ne semble pas en désaccord avec les déterminations de pression et température spectroscopiques données par Spinrad, ni avec les données radioélectriques et les observations de nuages ultra-violets, mais conduirait à une quantité d'eau probablement plus forte que celle observée.

Le modèle ionosphérique suppose la planète entourée d'une ionosphère extrêmement dense, contenant jusqu'à 10⁹ électrons par cm³, laquelle serait responsable des émissions radioélectriques centimétriques. La température du sol serait donnée par les émissions millimétriques, soit 350°K, et la pression atmosphérique serait de l'ordre de 1 à 3 atm. (cf. D. E. Jones (52)). Les problèmes relatifs à l'ionosphère et leurs difficultés, ont été discutés ci-dessus.

Ces trois principaux modèles très schématiques ont fait l'objet de discussions comparatives, en particulier par W. W. Kellog et C. Sagan (69), et plus récemment très en détail par C. Sagan (50); ils ont principalement pour but d'expliquer les hautes températures données par les

radio-émissions. On a l'impression que des difficultés graves subsistent pour chacun d'entre eux et que la structure réelle de l'atmosphère, très complexe, est le siège de nombreux phénomènes encore trop mal connus.

BIBLIOGRAPHIE

1. Martynov, D. Y. *Soviet Astr.*, **4**, 798, 1961.
2. Muhleman, D. O., Holdridge, D. B., Block, N. *Astr. J.*, **67**, 191, 1962.
3. Smith, B. A. *Sky and Telesc.*, **26**, no. 4, 1963.
4. Frank, L. A., van Allen, J. A., Hills, H. K. *Science*, **139**, 905, 1963.
5. Smith, E. J., Davis, L., Coleman, P. J., Sonett, C. P. *Science*, **139**, 905, 1963.
6. Mintz, Y. *Icarus*, **1**, 172, 1962.
7. Mintz, Y. *Planet. and Space Sci.*, **5**, 141, 1961.
8. Mahoney, J. R. *Amer. geophys. Un. Trans.*, **43**, 458, 1962.
9. Coll. Intern. Astrophys. Liège, 1962, *La Physique des Planètes*. Publ. Inst. Astrophys., Cointe-Sclessin, 1963.
10. Gehrels, T. *Astrophys. J.*, **134**, 1022, 1961.
11. Gehrels, T. *Appl. Optics*, **2**, 67, 1963.
12. Deirmendjian D. *J. geophys. Res.*, **67**, 1635, 1962.
13. Sekera, Z. *J. geophys. Res.*, **67**, 1656, 1962.
14. Öpik, E. *Progress astronaut. Sci.*, **1**, 307, 1962.
15. Kuiper, G. P. *Commun. Lunar and Planet. Lab.* (Tucson), **1**, no. 15, 83, 1962.
16. Fourth Intern. Space Sci. Symp., Varsovie, 1963. *Space Res. IV* (sous presse).
17. Gebbie, H. A., Delbouille, L., Roland, G. *Mon. Not. R. astr. Soc.*, **123**, 497, 1962.
18. Spinrad, H. *Astrophys. J.*, **135**, 651, 1962.
19. Spinrad, H. *Publ. astr. Soc. Pacif.*, **74**, 156, 1962.
20. Spinrad, H. *Icarus*, **1**, 266, 1962.
21. Dollfus, A. *C.R. Acad. Sci. Paris*, **256**, 3250, 1963.
22. Gibson, J. E., Corbet, H. H. *Astr. J.*, **68**, 74, 1963.
23. Suess, H. S. *Z. Naturforschung*, oct. 1963.
24. Newkirk, G. *Planet. and Space Sci.*, **5**, 163, 1961.
25. Owen, T. C. *Commun. Lunar and Planet. Lab.* (Tucson), **1**, no. 5, 29, 1962.
26. Kozyrev, N. A. *Astr. Cirk.* no. 225, 4, 1961.
27. Idlis, G. M. *Izv. astrofiz. Inst. Ak. N. Kazakh. SSR*, **12**, 37, 1962; **16**, 15, 1963.
28. Meinel, A. B., Hoxie, D. T. *Publ. astr. Soc. Pacif.*, **74**, 329, 1962.
29. Meinel, A. B., Hoxie, D. T. *Commun. Lunar and Planet. Lab.* (Tucson), **1**, no. 7, 35, 1962.
30. Chase, S. C., Kaplan, L. D., Neugebauer, G. *JPL Techn. Rep.* no. 32-429; *J. geophys. Res.* **68**, 6157, 1963.
31. Murray, B. C., Wildey, R. L., Westphal, J. A. *J. geophys. Res.*, 1963.
32. Kaplan, L. D. *Planet. and Space Sci.*, **8**, 23, 1961.
33. Kaplan, L. D. *Rand Rep.* P. 2213, 1961.
34. Spinrad, H. *Publ. astr. Soc. Pacif.*, **74**, 187, 1962.
35. Kisljakov, A. G. *et al.* *Astr. Zu.*, **39**, 410, 1962.
36. Grant, C. R. *et al.* *Astrophys. J.*, **137**, 620, 1963.
37. Kuzmin, A. D., Salomonovitch, A. E. *Astr. Cirk.* no. 221, 3, 1961.
38. Lynn, V. L. *et al.* *Astr. J.*, **68**, 284, 1963.
39. Gibson, J. E. *Astrophys. J.*, **137**, 611, 1963.
40. Staelin, D. H. *et al.* *Astr. J.*, **67**, 294, 1963.
41. McCullough, T. P. *et al.* *Astr. J.* 1964.
42. Bibinova, V. P. *et al.* *Astr. Zu.*, **39**, 1083, 1962.
43. Kuzmin, A. D., Salomonovitch, A. E. *Astr. Zu.*, **39**, 660, 1962.
44. Drake, F. D. *Publ. nat. Radio astr. Obs.*, **1**, 165, 1962.
45. Clark, B. G., Spencer, C. L. *Obs. Owens Valley Radio*, no. 6, 1963.
46. Lilley, A. E. *Astr. J.*, **66**, 290, 1961.
47. Korol'skov, D. V. *et al.* *Dokl. Akad. N. SSSR*, **149**, 65, 1963.

48. *Techn. Rep.* JPL. no. 32, 429.
49. Sagan, C. *Icarus*, **1**, 151, 1962.
50. Sagan, C., Kellog, W. W. *Ann. Rev. Astr. and Astroph.*, **1**, 235, 1963.
51. Tolbert, C. W., Straiton, A. W. *J. geophys. Res.*, **67**, 1741, 1962.
52. Jones, D. E. *Planet. and Space Sci.*, **5**, 166, 1961.
53. Kuzmin, A. D., Salomonovitch, A. E. *Astr. Zu.*, **38**, 1115, 1961 (trad. angl., *Soviet Astr.*, **5**, 851, 1962).
54. Priester, W. *et al.* *Nature*, **196**, 464, 1962.
55. Scarf, F. L. *J. geophys. Res.*, **68**, 141, 1963.
56. Pettengil, G. H. *et al.* *Astr. J.*, **67**, 181, 1962.
57. Smith, W. B. *Astr. J.*, **68**, 15, 1963.
58. Victor, W. K., Stevens, R. *Space Res.* III, 886, 1963.
59. Goldstein R. M., Carpenter R. L. *Science*, **139**, 910, 1963.
60. Kotelnikov, V. A. *et al.* *Dokl. Akad. N. SSSR*, **145**, 1035, 1962.
61. Thomson, J. H. *et al.* *Nature*, **190**, 519, 1961.
62. Maron, I. *et al.* *Science*, **134**, 1419, 1961.
63. Muhleman, D. O. *Icarus*, **1**, 401, 1963.
64. Öpik, E. J. *J. geophys. Res.*, **66**, 2807, 1961.
65. Rasool, S. I., Jastrow, R. *Amer. Inst. Aeronaut. and Astronaut. J.*, **1**, 6, 1963.
66. Proc. Third Intern. Space Sci. Symp., Washington, 1962. *Space Res.* III. North-Holland Publ. Co., Amsterdam, 1963.
67. Plass, G. N., Stull, V. R. *J. geophys. Res.*, **68**, 1355, 1963.
68. Ohring, F., Coté, O. *Geophys. Corp. of Amer. Techn.* no. 63, 6 N, 1963.
69. Kellog, W. W., Sagan, C. *Rep. Space Sci. Board*, Nat. Acad. Sci. Washington, no. 944, 1961.

LA PLANÈTE MARS

La période concernée couvre les deux oppositions de 1960 et 1963.

Observations collectives

Les observations photographiques coordonnées par la présente Commission de l'UAI sont dues plus particulièrement aux Observatoires de Table Mountain, U.S.A. (Cf. Capen, etc.), New Mexico University, U.S.A. (C. Tombaugh et B. Smith), Harvard, U.S.A. (A. Young, etc.), Pic-du-Midi, France (H. Camichel, A. Dollfus, etc.), Haute-Provence, France (P. Guérin), Athènes, Grèce (J. Focas), Kwasan, Japon (S. Miyamoto). Les collections de clichés sont en cours de groupement aux deux Centres de Documentation de l'UAI à Meudon et à Flagstaff. Les clichés originaux calibrés ont été mesurés photométriquement à Meudon par J. Focas.

Les mesures polarimétriques demandées par la Commission ont été recueillies au Pic-du-Midi, France (A. Dollfus, etc.), à Athènes, Grèce (J. Focas), en U.R.S.S. (V. I. Morozenko), à Harvard (A. Young, etc.) et sont étudiées à Meudon pour la recherche des nuages, voiles et impuretés de l'atmosphère martienne. Les études visuelles les plus élaborées sont parvenues de S. Miyamoto, C. Tombaugh, J. Focas, A. Dollfus.

Topographie

L'ensemble des mesures de coordonnées classiques anciennes a été discuté par G. de Vaucouleurs qui étudie les erreurs (1, 2), qui a effectué et réduit en outre de très nombreuses mesures nouvelles sur les clichés obtenus en 1956 par R. Leighton. H. Camichel effectue de nouvelles déterminations de coordonnées pour 1960.

G. de Mottoni, utilise les documents du Centre de l'UAI de Meudon pour établir les nouvelles cartes planisphères des oppositions de 1960 et 1963. S. Ebisawa a établi une carte sur les documents japonais. Ces documents, les clichés des Centres de l'UAI, ainsi que les rapports des observateurs visuels précités donnent les éléments descriptifs des variations et des configurations du sol. Ils permettent aussi la recherche des nuages, en relation avec les mesures polarimétriques.