

Notes sur l'étude de la planète Mars

Autor(en): **de Mottoni, G.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft**

Band (Jahr): **13 (1968)**

Heft 109

PDF erstellt am: **26.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-899998>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Auf Ausserordentliches deutet auch die starke Diskrepanz der geschätzten Helligkeiten seit August 1968. Sie tritt auch beim Vergleich zweier kürzlicher IAU-Meldungen³⁾ zutage und kann kaum anders als durch ein Flackern der Nova mit stündlichen Helligkeitsänderungen von bis zu 0^m.3 erklärt werden.

Die in 1⁾ angegebenen Vergleichshelligkeiten sind

zum Teil inzwischen verbessert worden; Beobachter sind gebeten, bei 4⁾ nachzuschlagen oder sich beim Verfasser zu erkundigen.

1⁾ K. LOCHER, ORION 12 (1967) Nr. 103, S. 140.

2⁾ K. LOCHER, ORION 13 (1968) Nr. 104, S. 21.

3⁾ IAU Circulars 2090 and 2095 (1968).

4⁾ L. J. ROBINSON, Sky and Telescope 35 (1968), S. 399.

KURT LOCHER, Hofweg 8, 8620 Wetzikon

Notes sur l'étude de la planète Mars

G. DE MOTTONI, Genova

Traduction par E. ANTONINI, Genève, du texte de la conférence donnée en italien à l'Assemblée générale de la SAS à Lugano le 5 mai 1968.

Depuis les premières et timides observations de l'astronome napolitain FRANCESCO FONTANA effectuées en 1636, en passant par les travaux remarquables de SCHIAPARELLI et de ses successeurs CERULLI MAGGINI et ANTONIADI, jusqu'aux observations récentes de DE VAUCOULEURS, DOLLFUS et FOCAS, toute une pléiade d'aréographes habiles et infatigables ont pointé, sous tous les ciels, les plus grands instruments en direction de la rouge planète dans l'intention d'en percer les nombreux et passionnants mystères.

Ces efforts successifs ont permis de résoudre nombre de problèmes concernant cette planète singulière. Ils se sont toutefois heurtés à des difficultés croissantes à mesure que les moyens optiques se faisaient plus pénétrants: les détails, devenant toujours plus fins et plus délicats, soumettaient les observations à l'influence toujours croissante de l'interprétation personnelle. Un coup d'œil sur les dessins suffisait pour en identifier aussitôt l'auteur, aussi habile et scrupuleux qu'il fût, et les détails notés un bref instant au travers d'une atmosphère souvent troublée perdaient l'objectivité scientifique nécessaire.

L'observation visuelle, dans la majorité des cas, avait désormais atteint, et peut-être même dépassé, ses limites. Dans ces conditions, il ne restait que peu d'observatoires en mesure de continuer avec succès les observations visuelles de Mars: il fallait qu'ils fussent dotés de grandes ouvertures et situés dans des conditions atmosphériques particulières, à haute altitude ou dans des régions subdésertiques.

Cette situation en apparence sans issue s'est récemment modifiée radicalement par l'apport de la photographie planétaire et son emploi rationnel sur le plan mondial. L'organisation de cette collaboration internationale fut décidée et mise au point en 1961, lors de l'assemblée de l'UAI à Berkeley.

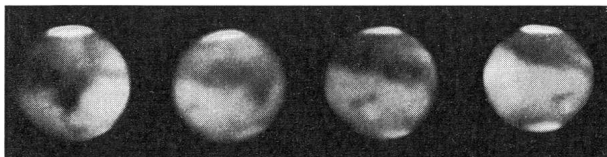


Fig. 1: Quelques photographies de la série prise par Lowell à l'opposition de 1907, la première qui ait été entièrement photographiée.

Dès les premières années de ce siècle, l'actif observateur que fut EARL C. SLIPHER réussit, à l'Observatoire Lowell de Flagstaff, d'excellentes photographies de la planète. Il parvint à recueillir, au cours de la grande opposition de 1907, plus de 16 000 clichés, dont un grand nombre de qualité exceptionnelle.

Ainsi s'ouvrait dans l'étude de Mars une ère nouvelle qui s'est poursuivie jusqu'à nos jours avec des résultats en amélioration constante, sauf pour les oppositions des années de guerre, où les documents se firent rares et de moindre qualité.

À l'Observatoire précité, consacré dès sa fondation à l'étude de Mars, plus de 200 000 clichés ont été recueillis jusqu'à ce jour. Ils concernent les soixante dernières années et constituent la plus importante documentation jamais rassemblée en astronomie planétaire.

Dès 1941, d'autres observatoires se sont joints à celui de Flagstaff, en premier lieu la station du *Pic du Midi* où une équipe d'excellents aréographes, MM. LYOT, DOLLFUS, CAMICHEL et FOCAS ont réalisé des images photographiques d'une exceptionnelle finesse et d'une grande valeur scientifique. Plus récemment encore, d'autres observatoires ont obtenu également d'appréciables résultats en France, en Afrique du sud, et au Japon, sans oublier les grands observatoires américains de *Lick*, du *Mt. Wilson*, *McDonald* et du *Mt. Palomar*.

Ainsi est née l'aréographie photographique, que SCHIAPARELLI prévoyait déjà dans les dernières années de sa vie, et dont il attendait la solution définitive du problème qui le tourmentait: celui de ses «canaux».

On n'y est, hélas, pas encore bien parvenu, mais les résultats obtenus à ce jour sont très prometteurs, même s'il est désormais évident qu'il existe, pour la photographie aussi, une limite infranchissable constituée par la présence de l'atmosphère terrestre dont l'influence se fait sentir même en haute altitude ou dans les zones désertiques.

La surface martienne étant le siège de modifications remarquables, il est clair que pour atteindre des résultats scientifiquement valables il faut suivre la

planète opposition après opposition en enregistrant avec le plus de continuité possible tous les phénomènes qui se développent sur son sol ou dans son atmosphère.

L'auteur a de ce fait une expérience directe, ayant eu la chance d'observer dix oppositions successives avec le même instrument, ce qui lui a permis d'assister, en sept oppositions, à une cycle saisonnier complet, et de constater combien les régions martiennes peuvent varier de forme et de tonalité, même dans des conditions saisonnières identiques. L'étude photographique de Mars doit par conséquent suivre les variations de ce monde pour obtenir une documentation en fonction du temps, le long d'un arc aussi grand que possible de son orbite. Malheureusement, tant que les observations seront faites depuis la Terre, cet arc sera plutôt réduit, n'embrassant, dans les circonstances les plus favorables, guère plus de 7 ou 8 mois, du moins pour les stations de l'hémisphère boréal, qui constituent la grande majorité. A plus grande distance de l'époque de l'opposition, la planète est trop éloignée, et les images deviennent pratiquement inutilisables.

La décision prise à Berkeley permit de réunir l'immense matériel photographique jusque-là dispersé dans toutes les parties du monde, et de le rendre disponible pour constituer une documentation rationnelle la plus complète possible.

Deux centres internationaux furent créés, l'un à l'Observatoire Lowell à Flagstaff, l'autre à l'Observatoire de Paris, à Meudon, où se font la récolte et la classification systématique des documents, sous l'égide de l'UAI.

Ce travail d'une grande portée est actuellement presque achevé et commence à porter ses fruits. Afin de mettre en valeur cette documentation, des travaux sont entrepris dans ces deux centres. A Meudon, FOCAS a exécuté un grand nombre de mesures photométriques qui ont donné des résultats d'un grand intérêt¹⁾, et DOLLFUS a obtenu des éléments précieux pour la compréhension des phénomènes qui se développent dans l'atmosphère²⁾, tandis qu'à Flagstaff le Dr BAUM a entrepris, au moyen d'un appareillage électronique complexe, l'étude systématique des formations nuageuses sur quelque 200 000 images pour en tirer une analyse statistique embrassant 60 années, avec détermination de la vitesse de déplacement sous l'action des vents.

Pour ce qui est des formations du sol, le problème se posait de savoir comment utiliser les milliers de photographies disponibles pour offrir aux aréographes une description du sol martien, opposition après opposition, suffisamment complète tout en demeurant aussi synthétique que possible.

Il fallait trouver le moyen de «résumer» tout ce qui était visible sur les photographies (très diverses quant aux formats et à la finesse du grain) pour composer une représentation graphique fidèle et précise, qui permette les comparaisons entre les oppositions des diverses époques.

Dans le cadre de la collaboration entre l'Observatoire de Paris et celui de Milan-Brera, l'auteur a cherché une solution à ce problème en se servant de l'expérience faite quelques années auparavant³⁾ à partir des photographies de Mars obtenues lors des oppositions de 1941 et suivantes, à l'Observatoire du Pic du Midi.

Des synthèses graphiques des sept premières oppositions photographiées (1907 - 1909 - 1911 - 1914 - 1916 - 1918 - 1920) furent ainsi exécutées. Elles comprenaient un cycle saisonnier complet. De même furent entreprises les synthèses des oppositions de 1954, 1956 et 1958, séparées des trois premières par 47 années terrestres (25 années martiennes), mais identiques au point de vue des saisons, la planète, après 25 révolutions complètes, étant revenue aux mêmes positions sur son orbite.

Cela permit les premières comparaisons entre les aspects du sol martien, soit durant un cycle saisonnier complet, soit dans le plus long intervalle de temps possible depuis l'existence d'une documentation photographique⁴⁾.

Pour chaque opposition, toutes les images disponibles au centre de Meudon furent étudiées, et un planisphère en projection de Mercator fut dessiné en vue de reproduire le plus fidèlement et le plus impersonnellement possible, tout ce qui était visible sur les clichés. Chaque fois que cela se pouvait, le planisphère était complété par un tableau synoptique donnant des indications sur le degré d'importance et l'état saison-

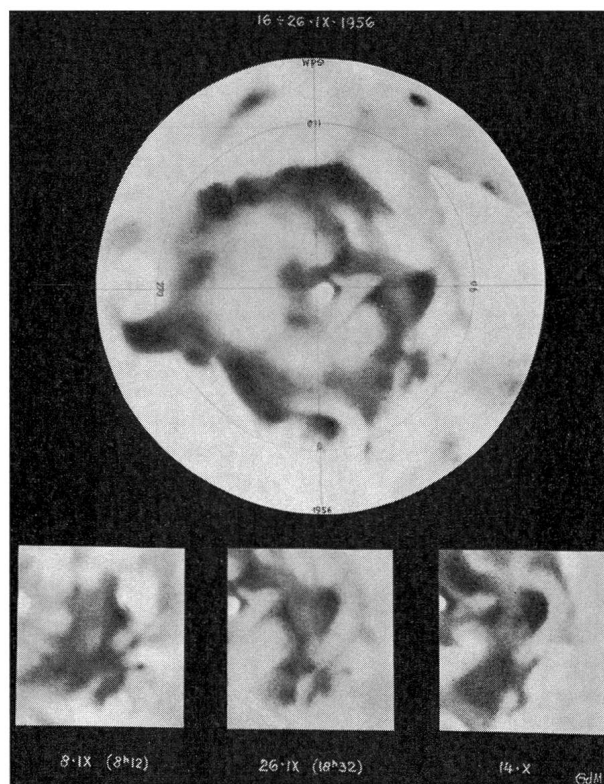


Fig. 2: Opposition de 1956: synthèse photographique en projection conique polaire, et cartes partielles.

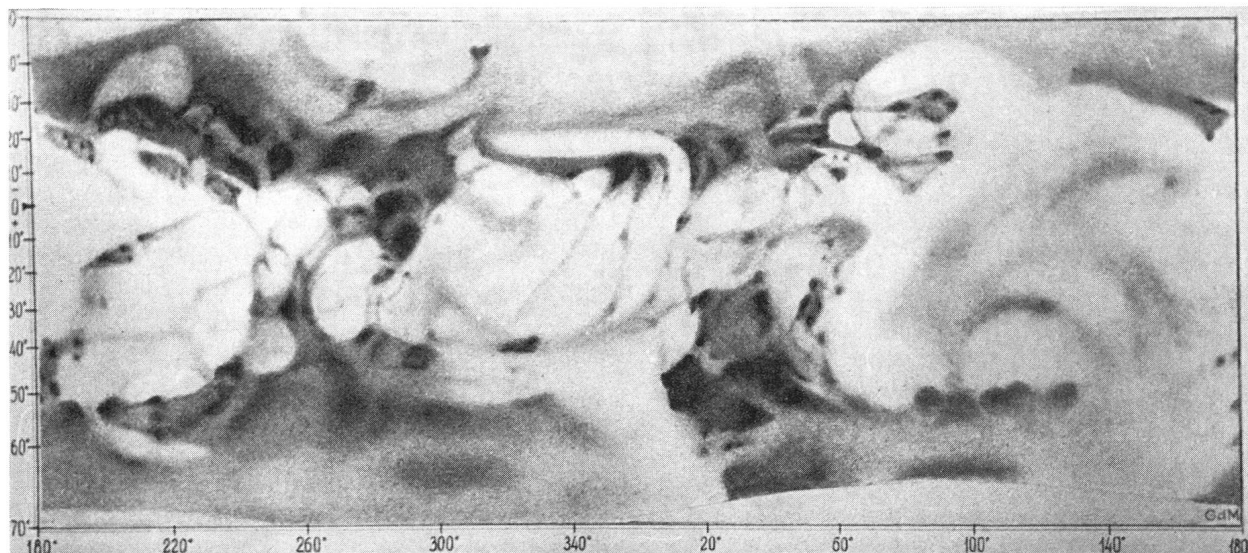


Fig. 3: Carte intégrale basée sur les documents photographiques, et complétée par les détails accessibles seulement visuellement.

nier des détails de la carte. Une mémoire descriptif accompagnait également chaque planisphère.

Nous ne nous étendons pas ici sur les difficultés que comporte un tel travail. Notons simplement que pour nombre d'oppositions, une seule carte ne suffit pas à représenter l'aspect variable de la surface de la planète. Pour l'opposition de 1956 par exemple, il a fallu 7 cartes en projection conique polaire et de nombreuses cartes de détail pour représenter les importantes modifications qui se sont produites entre le 19 août et le 14 octobre, à la suite des phénomènes atmosphériques qui ont transformé profondément l'aspect du sol sur une grande partie de la surface⁵⁾.

Ce travail permet aussi de revoir la nomenclature martienne, dont la nouvelle édition fut adoptée par l'UAI⁶⁾.

Il va de soi que cette entreprise en est à peine à ses débuts et comporte encore un travail long et délicat que nous espérons mener heureusement à son terme dans un temps raisonnable. On aura alors à disposition la représentation graphique de toutes les oppositions à partir de celle de 1907.

Pour épuiser les possibilités que nous entrevoyons aujourd'hui dans ce domaine, il nous faut considérer encore un moyen de pousser plus avant l'investigation télescopique, en dépassant les limites de résolution de la plaque photographique qui demeurent, on le sait, bien inférieures à celles de l'observation oculaire. Nous voulons faire allusion à la possibilité d'«intégrer» à la documentation photographique les éléments obtenus visuellement.

Cette idée, que nous avons cherché à réaliser dès 1959, s'est concrétisée grâce à l'expérience acquise lors de l'établissement des premières cartes synthétiques, et a pu être appliquée en utilisant les magnifiques observations visuelles obtenues au Pic du Midi, au moyen du réfracteur de 600 mm et du réflecteur de 1070 mm, et à Meudon, avec le grand réfracteur

de 830 mm, par les excellents observateurs spécialisés que sont MM. DOLLFUS et FOCAS.

La technique de cette «intégration» consiste à ajouter à nos cartes synthétiques les détails délicats non enregistrés sur les plaques, mais que l'observation visuelle a détectés, en les fixant ainsi sans courir le risque d'altérer les lignes générales, qui demeurent celles données avec une objectivité absolue par la photographie. Cette insertion doit être faite avec la plus grande circonspection, les nouveaux détails devant se fondre dans l'ensemble et disparaître si on réduit le degré de définition, par exemple en l'observant à distance convenable.

La construction de ces «cartes intégrales» est actuellement en cours pour les oppositions des dix dernières années, et avance parallèlement à celle des cartes purement photographiques. Ces dernières ne seront pas remplacées par les «intégrales», en raison du fait que l'intégration est rarement complète et ne concerne généralement qu'une partie du sol de la planète. Les observations visuelles à grand puissance de résolution sont en effet plutôt rares et fragmentaires, et manquent même totalement pour certaines oppositions.

Nous sommes ainsi parvenus au stade le plus avancé des moyens d'étude de la morphologie de Mars effectuables depuis la surface de la Terre. On ne pourra pousser plus loin que par l'emploi des nouveaux moyens que l'aéronautique met désormais à notre disposition, et qui seuls permettent de se libérer complètement de l'obstacle atmosphérique, en plaçant les instruments soit dans l'espace circumterrestre, soit en orbite autour de Mars, ou encore en déposant des laboratoires automatiques sur le sol de la planète.

Passons maintenant en revue les connaissances que l'astrophysique nous a permis d'acquérir sur ce monde lointain.

La spectrographie, dans le visible comme dans l'in-

frarouge ou dans l'ultraviolet, a donné une image assez intéressante du sol et surtout de l'atmosphère de la planète. L'enveloppe gazeuse qui la constitue est certainement très pauvre en oxygène, contenu seulement en traces minimes. A part les gaz inertes, comme l'azote et l'argon, cette atmosphère contient un fort pourcentage d'anhydride carbonique (peut-être plus de 50%), et une certaine quantité de vapeur d'eau. On attribue à cette dernière le phénomène des calottes polaires et celui de l'onde d'assombrissement qui passe d'un pôle à l'autre sous l'influence thermique de l'irradiation solaire, liée aux variations saisonnières.

Aucune étendue d'eau n'existe à la surface, mais il peut s'en trouver à l'état solide dans le sous-sol, qui se trouve constamment à une température inférieure au point de congélation.

La nature minérale du sol n'est pas connue; on peut tout au plus avancer avec quelque raison que les zones obscures, nommées «mers», ne sont pas autre chose que des étendues de roches d'origine interne, recouvertes de dépôts éoliens pulvérulents, qui polarisent la lumière solaire exactement comme le font les oxydes hydratés de fer du type de la limonite. La couleur de ces substances correspond bien à ce que nous révèlent les observations télescopiques, puisque lorsqu'elles se trouvent à l'état de grains plus ou moins gros, elles sont d'un brun foncé, tandis que lorsqu'elles sont en fine poussière, elles présentent une couleur claire, jaune-rougeâtre.

Lorsque les calottes polaires commencent leur dissolution printanière, on assiste à la formation, par sublimation, d'une *onde d'assombrissement* qui se propage du pôle à l'équateur, et se reproduit d'une manière assez uniforme à chaque retour de la même saison. L'étrangeté de ce phénomène est que cette onde se propage rapidement et que sa durée est différente dans les deux hémisphères, ainsi qu'il résulte de l'examen des données recueillies par FOCAS¹⁾ 2).

Tout se passe comme si les régions claires étaient pour ainsi dire plus avides de cette humidité apportée par les courants aériens polaires, et la retenir plus longtemps en l'absorbant plus profondément. La cause de ce phénomène singulier n'est pas encore connue. Diverses théories ont été avancées pour l'expliquer, du processus simple d'absorption par le sol à l'action physico-chimique des radiations solaires sur les matériaux de la surface, et jusqu'à la présence de formes de vie élémentaires que l'humidité revivifie périodiquement.

En ce qui concerne l'origine des oxydes de fer réduits en une poudre fine, il nous semble qu'elle puisse être en relation avec les impacts météoriques dont Mariner IV a montré les effets les plus marquants. Mars, qui circule à proximité relative de la ceinture des astéroïdes, subit des rencontres de 10 à 15 fois plus nombreuses que sur Terre avec ces débris cosmiques, selon les relevés que nous a fournis cette sonde.

Les météorites, comme les bolides de toutes dimen-

sions, sont composées en partie de fer pur, et leurs violents impacts, qui ne sont pas freinés par une atmosphère assez dense, doivent avoir provoqué une énergique pulvérisation des matières de la surface ainsi que de la météorite elle-même, avec production de débris de toutes dimensions, allant jusqu'à la poussière impalpable. Dans un passé lointain, l'atmosphère devait contenir encore un certain pourcentage d'oxygène et probablement aussi d'ozone, de sorte que les fines poussières de fer qui se sont accumulées avec le temps sur le sol se sont oxydées, aidées aussi en cela par la présence de la vapeur d'eau. La plus grande concentration des orbites de météorites près de l'Ecliptique a pu – peut-être – réduire le nombre des impacts dans les régions circumpolaires, où les couleurs observées sont moins intenses.

Quant aux altitudes relatives des régions claires et sombres, les Drs. SAGAN et POLLACK, à la suite de récentes investigations au moyen du radar⁷⁾, croient pouvoir assigner aux aires désertiques des altitudes nettement inférieures à celles des «mers». Les «canaux» pourraient être des reliefs d'origine tectonique affleurant le lit de poudre amassé par les vents dans les régions basses, et rendus visibles suivant la saison lorsque le vent les libère des dépôts qui les recouvrent. Un processus analogue altérerait la visibilité de régions de niveau moyen à la suite de vastes perturbations atmosphériques occasionnelles qui balayent ces zones.

Cette hypothèse sur les différences de niveau demande confirmation, ses conséquences étant d'une grande importance. En fait, si les régions sombres sont réellement de hauts plateaux, de nombreux points obscurs trouveraient leur explication, notamment l'extension plus grande de la calotte polaire australe.

L'accumulation de poudre fine dans les dépressions désertiques expliquerait bien d'autres aspects encore, sans compter la différence de vitesse et de durée de l'onde d'assombrissement, dont nous avons déjà parlé. Pour le moment toutefois, ce problème reste ouvert, Mariner IV n'ayant pas fourni sur ce point d'indications décisives. En réalité, sur les images qu'il a fournies, on ne constate ni alignements dans les zones de «canaux», ni différences sensibles de relief entre zones claires et sombres. Par contre, on voit partout des cratères de toutes dimensions, dans les «déserts» comme dans les «mers».

Venons-en aux résultats acquis dans le domaine des températures au sol: dans les régions tempérées ou équatoriales, on rencontre des températures nocturnes très basses, de 100 à 130° C inférieures aux maximums diurnes. Ces derniers peuvent atteindre, vers midi à l'équateur, 20° et plus, mais à peine le Soleil est-il redescendu sous l'horizon que la température baisse brusquement. Aussi la valeur moyenne sur 24 heures demeure-t-elle très basse, ne dépassant en aucun point 80 à 90° C sous zéro. L'explication de pareils extrêmes thermiques est fournie par la présence des dépôts pulvérulents qui recouvrent le sol et qui

constituent un revêtement isolant au travers duquel la chaleur irradiée par le Soleil ne pénètre que difficilement. Par contre elle se dissipe très rapidement, l'effet de serre étant en outre supprimé par l'extrême ténuité de l'atmosphère.

De tels écarts si brusques de température ne manquent pas de provoquer d'énergiques actions de destruction sur les roches de la surface, qui offrent ainsi constamment de nouvelles prises aux vents.

D'autres données permettent de préciser la valeur de la pression atmosphérique, qui n'atteint au sol qu'à peine 0,5 à 1 % de sa valeur à la surface de la Terre. Ces estimations résultent de l'analyse des émissions de radio de la sonde Mariner IV au moment de son occultation par la planète. Ses signaux traversèrent alors très obliquement l'atmosphère, subissant des altérations de fréquence et d'intensité qui ont permis d'en déduire les caractéristiques physiques. Lors de l'immersion et de l'émersion, les régions intéressées furent respectivement la Mer Australe et la Mer Boréale, toutes deux zones plutôt obscures normalement. Les valeurs de la pression atmosphérique ainsi obtenues se rapportent donc à l'altitude de ces zones, de sorte que, si la théorie des différences de niveau se confirme, pour obtenir la pression au niveau moyen de la planète, il faut augmenter notablement ces données. Elles se rapprocheraient alors de celles relevées télescopiquement depuis la Terre, et qui sont une dizaine de fois plus élevées.

Indiquons enfin les renseignements obtenus au sujet du champ magnétique entourant la planète: le magnétomètre installé à bord de Mariner IV n'en a pratiquement pas détecté. La constitution interne de Mars devrait donc être profondément différente de celle de la Terre.

Pour terminer ces notes sommaires, donnons quelques détails sur l'entreprise mémorable de la sonde américaine Mariner IV, à laquelle nous nous sommes si fréquemment référés.

Le minuscule télescope de bord, dont le miroir métallique avait un diamètre d'à peine 38 mm, a d'ailleurs, en l'espace de 20 minutes, l'aérogaphie descriptive, que nous n'avons pu le faire en 3 siècles avec les plus grands télescopes terrestres!

La sonde a survolé la surface de Mars à des altitudes variant de 16 900 à 12 000 km, explorant une bande de terrain longue de 7000 km et large en moyenne de 300 km, de la région des *Propontides* (point saisonnier: 56% du printemps) à travers *Amazonis*, *Zephyria* (point saisonnier: 96% de l'hiver) et *Mare Sirenum* jusqu'à *Phaetontis* et sa limite avec *Aonius Sinus* (point saisonnier: 56% de l'hiver). Cette bande s'étend entre les méridiens 135° et 185°, et les parallèles +48° et -50°. Les détails les plus fins apparaissant sur les images envoyées à la Terre mesurent entre 5 et 10 km, après le travail de recombinaison électronique effectué par les techniciens du *Jet Propulsion Laboratory* de Pasadena⁹⁾. Comme, depuis la Terre, dans les conditions les plus favorables, on ne peut observer que

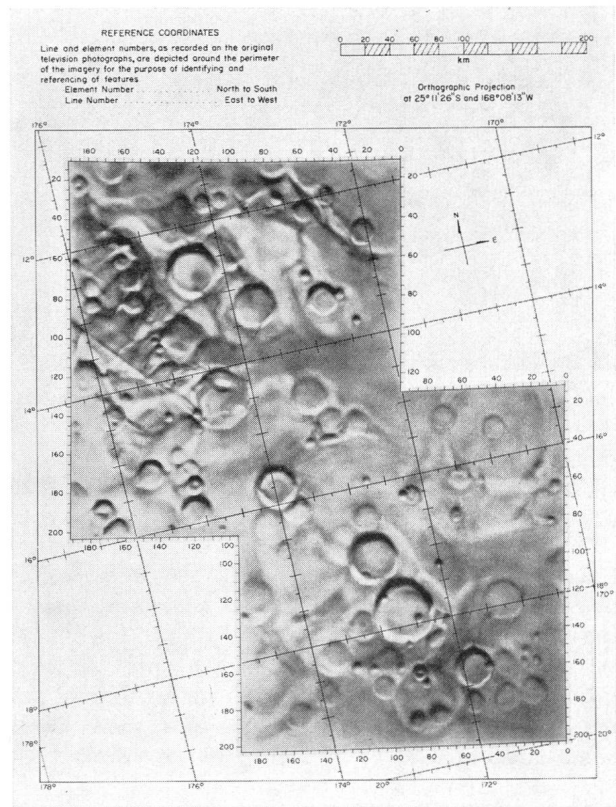


Fig. 4: Images Nos. VII et VIII du sol de Mars, après recombinaison électronique complète des données transmises par Mariner IV. Version officielle datée du 15 déc. 1967. - J.P.L. Technical Report 32-884 (avec l'aimable autorisation du Jet Propulsion Laboratory, Pasadena, California).

des détails de 50 km au moins, on voit que le pouvoir de résolution a été augmenté de 5 à 10 fois.

Cette remarquable entreprise mériterait une description digne de son importance scientifique exceptionnelle. Nous devons nous limiter à deux points essentiels: les objets cratériformes découverts à la surface et la présence de vastes accumulations nuageuses dans l'atmosphère.

En ce qui concerne le premier point, la sonde a découvert un grand nombre de formations identiques aux cratères et cirques lunaires, de dimensions très variables, depuis celles juste accessibles jusqu'aux vastes cirques de centaines de kilomètres de diamètre. Sur l'image no. 13 on aperçoit un relief incurvé qui pourrait appartenir à un cirque de plus de 300 km de diamètre se trouvant en partie hors du champ.

Peu d'astronomes avaient prévu cet aspect du sol martien, mais il faut rappeler qu'une «prophétie» exacte de ce fait avait été exprimée en 1961 par le Dr H. BROWN lors d'un colloque de la N. A. Aviation, à Downey. Comme nous l'avons vu, Mars, si proche de la zone des astéroïdes, où circulent des fragments de toutes dimensions, a été exposé depuis les temps les plus reculés, et sans protection atmosphérique valable, au choc de projectiles cosmiques très rapides, dont les traces se sont conservées intactes, en l'ab-

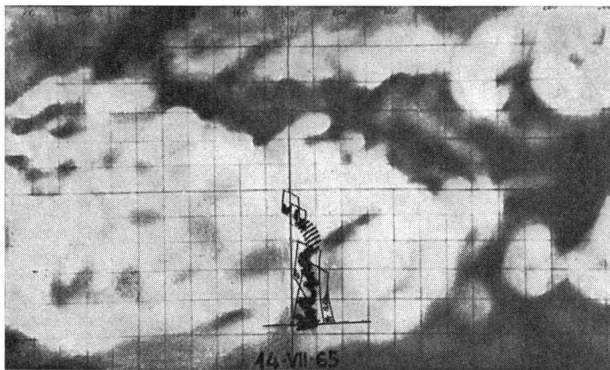


Fig. 5: Position et extension du grand nuage montré par Mariner IV.

sence des agents de désagrégation qui auraient opéré à la surface de la Terre.

Le manque d'oxygène et de vapeur d'eau, que l'attraction réduite n'a pu retenir dans l'atmosphère, doit avoir empêché l'établissement des premières formes de vie, le développement résultant d'une atmosphère secondaire et par conséquent l'apparition ultérieure de formes de vie plus évoluées. Cela ne signifie pas naturellement que des organismes inférieurs, qu'ils soient analogues à ceux de la Terre ou radicalement

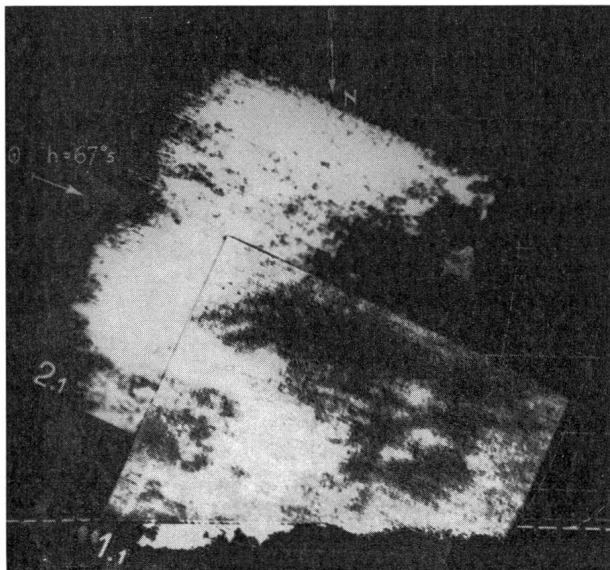
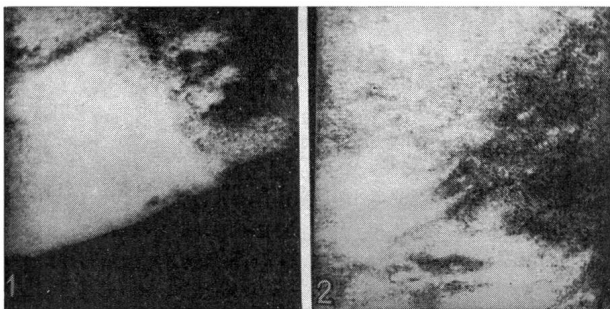


Fig. 6: Image du grand nuage mis en évidence sur les deux premières photographies transmises par Mariner IV.

différents de tout ce que nous pouvons imaginer, ne puissent s'être adaptés aux conditions ambiantes, même si elles étaient sévères, tant la Nature montre de génie et de possibilités. Cela signifie aussi que lorsque les hommes mettront pour la première fois le pied sur cette planète, et cela ne saurait trop tarder, ils devront être préparés à tout genre de surprise, et à surmonter des obstacles imprévisibles.

Quant au deuxième point, qui concerne la présence de nuages dans l'atmosphère, nous dirons qu'au début, lorsque les premiers résultats de Mariner IV furent publiés¹⁰⁾, les deux premières images transmises firent croire à une atmosphère parfaitement transparente et sans trace de nébulosité. Mais après les avoir étudiées à fond, nous sommes arrivés à une conclusion diamétralement opposée, à savoir que ces clichés montraient une grande nappe de nuages de haute altitude, en forme de cirrus, qui oblitéraient presque entièrement le sol sous-jacent. Ils s'étendaient depuis l'horizon de la sonde (sur le 48ème parallèle nord et aux environs du méridien 185°) en direction du sud jusque près de l'équateur, sur une longueur de plus de 2000 km. Ces conclusions furent exposées au Symposium COSPAR, en mai 1966 à Vienne^{11), 12)}.

Dans le rapport technique cité, daté du 15 décembre 1967, que le J. P. L. nous a envoyé, on admet qu'il s'agit probablement de brouillards ou nuages de glace de CO₂, qui rendent le sol invisible sur les deux premières images et en partie aussi sur les 3ème et 4ème. Toutefois, l'opinion qu'il s'agit de cristaux de CO₂ ne paraît pas acceptable, pour les raisons suivantes: d'abord, les recherches de DOLLFUS ont démontré que les calottes polaires sont constituées de H₂O et non de CO₂, d'où il paraît plus probable que les cristaux de nuages soient, comme sur Terre, formés de glace d'eau.

En second lieu, la région recouverte par ces nuages se trouvait dans la période de l'année où elle est traversée par l'onde d'assombrissement rejoignant l'équateur. Il y a donc lieu de supposer que le Vidicon de Mariner a fixé une phase de ce processus de transport aérien d'humidité que nous avons déjà décrit.

Pour conclure, nous rappellerons que Mars, malgré ses singulières et sévères conditions ambiantes, est cependant la seule planète du système solaire sur laquelle l'homme pourra un jour débarquer. Toutes les autres planètes, soit par leur température excessive, comme Mercure, soit par leur pression atmosphérique insupportable, comme Vénus, soit par la rigueur insupportable de leur basse température, comme les planètes extérieures à Mars, nous demeureront toujours interdites.

L'intérêt que suscite ce petit monde apparaît donc justifié. Les plus récentes conquêtes de l'astronautique ne font que l'aiguïser, en nous ouvrant des horizons toujours plus vastes et fascinants.

Adresse de l'auteur: Dr. Ing. GLAUCO DE MOTTONI, Via C. N. Rosselli 15/23, I-16145 Genova.

Bibliographie

- 1) J. H. FOCAS: Etude photométrique et polarimétrique des phénomènes saisonniers de la planète Mars; Ann. d'Astroph. Tome 24, No. 4 (1961).
- 2) A. DOLLFUS: Etude de la planète Mars de 1954 à 1958; Ann. d'Astroph. Tome 28, No. 4 (1965).
- 3) G. DE MOTTONI: Nuove carte del pianeta Marte sulla base delle fotografie del Pic-du-Midi; Atti S.A.I. settembre 1955-57.
- 4) G. DE MOTTONI: Prospettive di Areografia basate sui documenti fotografici e sulle osservazioni visuali; Atti Conv. S.A.I. ottobre 1967.
- 5) G. DE MOTTONI: L'opposizione di Marte del 1956 nei documenti fotografici ottenuti in osservatori di sei nazioni; Pubbl. Oss. Astr. Milano-Merate; N.S. No. 13 (1964).
- 6) A. DOLLFUS: Nomenclature martienne; Trans. I.A.U. Vol. X (1960).
- 7) C. SAGAN, J. B. POLLACK: Elevation Differences on Mars; Sky and Telescope 1966; p. 261.
- 8) A. KLIORE, D. L. CAIN, G. S. LEVY: Radio measurement of the Martian atmosphere ecc.; Moon and Planets - COSPAR p. 226 et suivantes (1966).
- 9) R. B. LEIGHTON, B. C. MURRAY, R. P. SHARP, J. D. ALLEN, R. K. SLOAN: Technical Report No. 32-884; J.P.L. Pasadena December 15, 1967.
- 10) J.P.L.: Mariner IV Photographs on Mars; Sky and Telescope - Special Supplement Sept. 1965; p. 157.
- 11) G. DE MOTTONI: Considérations sur les photographies de Mars prises par Mariner IV; Moon and Planets - COSPAR p. 186 et suivantes.
- 12) G. DE MOTTONI: Sulle fotografie di Marte ottenute dalla sonda automatica Mariner IV; Pubbl. Oss. Astr. Milano-Merate; N.S. No. 15 (1966).

Bemerkungen zum Studium des Planeten Mars

Von den ersten teleskopischen Beobachtungen des neapolitanischen Astronomen FRANCESCO FONTANA im Jahre 1636 über die hervorragenden Beobachtungen eines SCHIAPARELLI, eines CERULLI, MAGGINI und ANTONIADI bis zu den neuesten Arbeiten von DE VAUCOULEURS, DOLLFUS und FOCAS zieht sich eine lange Reihe von Beobachtungsnächten, die ein gewaltiges Material geliefert haben. Die visuellen Methoden wurden bald durch photographische verdrängt oder doch ergänzt. Die internationale Zusammenarbeit auf dem Gebiete der photographischen Erforschung des roten Planeten wurde anlässlich der Versammlung der Internationalen Astronomischen Union in Berkeley im Jahre 1961 organisiert. Seit der Zeit der sehr günstigen Opposition im Jahre 1907 (*Fig. 1*) hat allein SLIPHER ca. 16 000 Aufnahmen vom Mars gemacht, und die Zahl der heute zur Verfügung stehenden, zum Teil hervorragenden Photographien hat 200 000 überschritten. Darunter befinden sich sehr viele Aufnahmen von Großsternwarten, so z. B. vom Observatorium Pic-du-Midi, Lick, Mt. Wilson, McDonald und Palomar Mountain, aber auch von namhaften Sternwarten in Südafrika und Japan.

Der terrestrischen Beobachtung sind leider infolge des Vorhandenseins der irdischen Atmosphäre Grenzen gesetzt. Um ein wirklich zufriedenstellendes Bild des Planeten Mars zu bekommen, ist es einerseits nötig, Beobachtungen auch ausserhalb unserer Atmosphäre vorzunehmen, andererseits müssen visuelle und photographische Beobachtungen, welche in Momenten bester Atmosphärenbedingungen mit grossen Instrumenten gemacht werden, von mehreren Oppositionen kombiniert werden. Um das gewaltige Beobachtungsmaterial zu sichten, zu verwerten und Interessenten zugänglich zu machen, sind zwei internationale Informationssammelstellen geschaffen worden, die eine am Lowell-Observatorium in Flagstaff, die andere am Observatorium Paris in Meudon.

In Meudon nimmt FOCAS eine grosse Zahl von photometrischen Messungen vor, DOLLFUS versucht auf Grund des gesammelten Materials Verständnis über die Phänomene zu gewinnen, die sich in der Mars-Atmosphäre abspielen. In Flagstaff treibt BAUM mit Hilfe einer speziell hierfür konstruierten

elektronischen Apparatur systematische Studien an 200 000 Bildern eines Zeitraumes von mehr als 60 Jahren, mit dem Ziel, Aussagen über die Geschwindigkeit von Ablagerungen, welche durch Winde verursacht werden, zu bekommen.

Um ein Maximum aus den vorhandenen Aufnahmen herauszuholen, wurde zwischen dem Observatorium Meudon und dem Observatorium Mailand-Brera eine Arbeitsgemeinschaft gegründet. DE MOTTONI hat auf Grund von Aufnahmen aus den Oppositionsjahren 1907, 1909, 1911, 1914, 1916, 1918, 1920, 1954, 1956 und 1958 Zusammensetzungen von Photographien gemacht, welche ein synthetisches Marsbild liefern, auf dem die Oberfläche von Mars aufs Schönste zum Ausdruck kommt. In Mailand wird die Oberfläche auf Karten in Merkator-Projektion dargestellt, wobei für eine Opposition oft mehrere solche nötig sind - im Jahre 1956 z. B. deren sieben -, um rasche Veränderungen festzuhalten. Zudem sind oft noch zusätzliche Karten in konischer Polarprojektion (*Fig. 2*) nötig, um die Veränderungen der Polgegend darstellen zu können. Diese Arbeit erlaubte auch eine Revision der Nomenklatur, welche von der IAU bereits anerkannt wurde. Auf Grund dieser Arbeiten war auch erstmals ein genaues Studium der Veränderungen der Marsoberfläche in der Zeit von 1907 bis heute möglich.

Die Technik der Aufzeichnung der Oberflächendetails besteht in einer Integration von photographischen Aufnahmen und visuellen Beobachtungen (*Fig. 3*). Durch letztere können auch noch kleinste Details beobachtet und in die Karten eingetragen werden.

Untersuchungen des UV- und IR-Spektrums von Mars ergänzen diese Beobachtungen, wodurch man besondere Aufschlüsse über die Atmosphäre bekommt: Sauerstoff ist nur in Spuren nachzuweisen, neben Stickstoff und Argon sind grosse Mengen von Kohlendioxid vorhanden (vermutlich mehr als 50%) und eine geringe Menge Wasser, welchem wir das Phänomen der Polarkalotten verdanken. Flüssiges Wasser kommt auf der Oberfläche keines vor, hingegen dürfte solches vielleicht als Eis unter der Oberfläche vorliegen.

Bei den Materialien der dunklen Zonen («Meere») dürfte es sich hauptsächlich um Auswurf-Gesteine mit Ablagerungen von Eisenhydraten limonitischen Typus' handeln. Limonit ist auch für die gelblich-rote Farbe von Mars verantwortlich, wobei auch der Grad der Zertrümmerung eine Rolle spielt. Diese Zertrümmerung des eisenhaltigen Materials könnte durch den von der dünnen Atmosphäre kaum gebremsten Einfall von eisernen Meteoriten auf die Marsoberfläche bewirkt worden sein.

Radarbeobachtungen, welche von SAGAN und POLLACK vorgenommen wurden, haben Aussagen über die Höhenstufung auf dem Mars ermöglicht: danach sind «Wüstengebiete» (helle Gegenden) eindeutig tiefer gelegen als «Meere» (dunkle Gebiete). Die vielgenannten Kanäle dürften Felsgrate sein, von denen der Staub weggeblasen wurde, wodurch der Eindruck eines «Kanals» entsteht.

Mariner IV endlich hat gezeigt, dass sowohl helle wie dunkle Gebiete von sehr vielen Kratern aller Dimensionen überdeckt sind (*Fig. 4-6*). Die Temperaturen auf Mars dürften in der mittleren und in der Äquatorzone am Ende einer Nacht auf ca. -110°C gefallen sein, um am Ende eines Tages auf etwa $+20^{\circ}\text{C}$ zu steigen; als Mittelwert kann -80° bis -90°C gelten. Der atmosphärische Druck liegt bei 0.5-1% des Wertes der irdischen Atmosphäre, ein Wert, der durch die Schwächung der von Mariner IV ausgehenden Radiosignale errechnet werden konnte. Nach Mariner-IV-Messungen besitzt Mars kein Magnetfeld.

Über das Vorhandensein von Leben können im jetzigen Zeitpunkt noch keine sicheren Aussagen gemacht werden, aber die Möglichkeit ist doch nicht ohne weiteres von der Hand zu weisen, wobei allerdings ganz andere Lebensformen zu erwarten sind, als wir sie von der Erde her kennen: wie dem auch sei, der Mensch, der in einer nicht mehr allzu fernen Zukunft den Fuss auf die Oberfläche von Mars setzen wird, muss auf Überraschungen verschiedenster Art gefasst sein und unvorhergesehene Hindernisse werden die Eroberung von Mars zu einem grossen wissenschaftlichen Wagnis machen. P. JAKOBER