

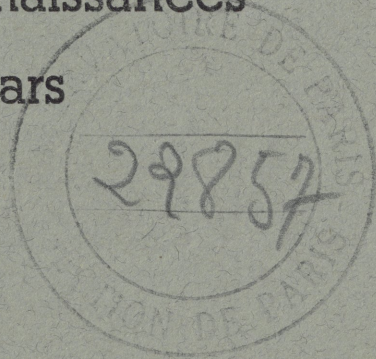
22 JAN. 1970

OBSERVATOIRE DU HOUGA

Tirage à part N° 4

G. DE VAUCOULEURS

L'état actuel de nos connaissances
sur la planète Mars



*Extrait du bulletin « CIEL ET TERRE », de la Société belge d'Astronomie,
de Météorologie et de Physique du Globe, Bruxelles, LX^e année, n° 1-2-3,
janvier-février-mars 1944.*



ÉDITIONS L'AVENIR

27, place de Jamblinne de Meux, Bruxelles.

1943

OPTIQUE - LUNETTERIE

Maison André **Fisch**

34, rue de la Bourse - BRUXELLES

EXÉCUTION des ORDONNANCES des MÉDECINS OCULISTES
GRAND CHOIX DE JUMELLES A PRISMES

683/272

SCIENCE & TECHNIQUE

Métallurgie - Mécanique - Chimie - Résistance des Matériaux - ...
Revue mensuelle de documentation technique

ABONNEMENT : 6 numéros 100 fr. - 12 numéros 180 fr.

C. C. P. 418.28

EDITIONS SIMAR STEVENS

29, avenue Coghen, BRUXELLES. Tél. : 44 59 43 - 44 91 89

652/73

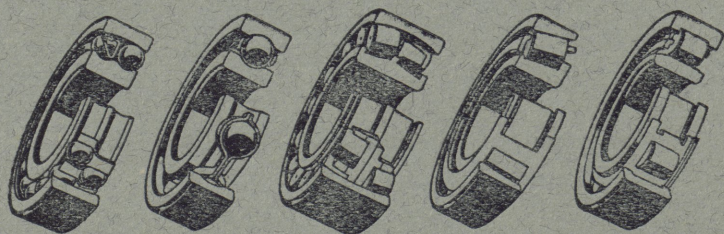
LIBRAIRIE SCIENTIFIQUE, INDUSTRIELLE et AGRICOLE

RAMLOT Frères & Sœurs

25, rue Grétry, BRUXELLES - Tél. 18 15 40

- Grand assortiment d'ouvrages techniques -

653/50



SOCIÉTÉ BELGE DES ROULEMENTS A BILLES **SKF**

SCHEDE ANGIOSINE

117, BOULEVARD ANSPACH - BRUXELLES Téléphone: 11.65.12 - 13 - 14 - 15

509/13

L'état actuel de nos connaissances sur la planète Mars.

Généralités.

Les éléments géométriques et dynamiques de l'orbite et du globe de Mars sont bien connus et se trouvent dans tous les annuaires; on retiendra seulement ici que l'année martienne dure près du double de la nôtre (687 jours contre 365), avec des saisons comparables (obliquité de l'orbite sur l'équateur = 24° à 25° contre $23^{\circ},5$) mais beaucoup plus inégales (par exemple pour l'hémisphère austral : printemps = 146 j.; été = 160 j.; automne = 199 j.; hiver = 182 j.); que le jour est très voisin du nôtre : 24 h 37 m 22^s,6, et que le globe, de 6.700 km de diamètre (sensiblement le double de la Lune et la moitié de la Terre), a une densité de 3,9, d'où résulte une pesanteur à la surface réduite aux 38 centièmes de la nôtre.

Il convient de rappeler qu'aux oppositions périhéliques (1909, 1924, 1939) Mars ne se rapproche qu'à 56 millions de km, dans le cas le plus favorable : c'est encore 150 fois plus loin que la Lune; autrement dit, dans les meilleures conditions, on ne voit pas Mars, dans les grands instruments, mieux que la Lune dans une simple jumelle. Ceci pour signaler la difficulté des recherches sur la constitution intime de la planète.

Les ouvrages de vulgarisation et les cours d'astronomie physique (1) retracent suffisamment l'histoire des observations, l'évolution des idées sur la planète et aussi les innombrables discussions auxquelles elle a donné lieu; car il règne, en effet, parmi les spécialistes, une étonnante diversité d'opinions. Néanmoins, dans bien des cas, il reste tout de même place pour d'assez larges possibilités d'accord, ainsi qu'il ressort, d'une part, d'un rapprochement raisonné des idées en présence, et, d'autre part, des premiers résultats obtenus à l'observatoire Péridier, du Houga (2).

Il paraît donc plus intéressant de chercher ici à faire le point de l'état actuel de la question, en s'appuyant, tant sur les observations visuelles classiques, que sur les résultats récents des méthodes physiques modernes.

Les calottes polaires.

Les taches blanches et brillantes couvrant les régions polaires de Mars sont très remarquables, et leur étude assez avancée.

Observant à partir de la fin de l'hiver d'un hémisphère (par exemple austral en 1939 et 1941), on voit le Cap polaire, très étendu au début — il couvre alors une calotte de 50 à 60° aréocentriques, soit 9 millions de km^2 —, diminuer au cours des mois suivants, d'abord lentement, puis de plus en plus vite; vers le milieu du printemps, des fissures y apparaissent, elles segmentent le Cap qui se disloque, présente des régions d'éclats variés et se désagrège alors rapidement; des fragments s'isolent de la tache principale, persistent quelque temps, puis disparaissent; enfin, pendant l'été de l'hémisphère considéré, le

(1) Voir la liste donnée à la suite de cet article.

(2) Ces résultats sont en cours de publication dans les *Annales de l'Observatoire du Houga*, tome I, 1942. Les principaux d'entre eux seront résumés dans *Ciel et Terre* par une série de courtes notes dont la première a paru dans le numéro juillet-août 1943, p. 220.

Cap polaire continue à décroître et devient minuscule (quelques degrés aréocentriques, soit quelques centaines de km seulement), il arrive même parfois à disparaître.

Mais, vers la fin de l'été, on voit apparaître, dans les régions polaires, des taches blanchâtres et diffuses, qui s'étendent rapidement et finissent par recouvrir toutes ces régions et même une partie de la zone tempérée. Ces voiles clairs et mobiles persistent pendant tout l'automne et l'hiver et ne se déchirent pour s'évanouir qu'à la fin de l'hiver. Le Cap polaire reparaît alors, encore un peu terni au début, puis redevient blanc, brillant et très étendu, comme l'année précédente à l'époque correspondante.

Puis, le cycle saisonnier des phénomènes recommence et se reproduit ainsi très régulièrement chaque année, au point qu'on a pu en dresser des tables de prévision permanentes (Antoniadi).

Cependant, cette régularité n'est pas parfaite : à une époque donnée, le Cap est tantôt un peu plus petit, tantôt un peu plus grand que la normale. On a cherché (Antoniadi) si ces irrégularités ne seraient pas liées aux variations de l'activité solaire; mais, comme les mesures des dimensions des calottes polaires sont restées jusqu'ici très médiocres et varient beaucoup suivant l'observateur, l'instrument, l'agitation des images, etc., après avoir cru un moment déceler une telle corrélation, on a dû reconnaître, plus récemment, que rien ne peut encore être affirmé à ce sujet.

Par contre, certaines circonstances de la diminution des caps polaires sont bien établies. Ainsi les fissures qui les découpent, les régions de plus grand éclat, les fragments qui s'en détachent au cours du printemps, se reproduisent toujours aux mêmes endroits de la surface, décelant ainsi d'intéressantes différences de constitution, et peut-être de niveau. De même, on observe toujours que le dernier résidu du Cap polaire austral n'est pas centré sur le pôle, mais s'en trouve à quelque distance, à 7° de latitude, soit 400 km environ. Ainsi, comme sur Terre, le pôle du froid ne coïncide pas avec le pôle de rotation.

Une autre particularité remarquable des calottes polaires, c'est la *frange sombre* qui les borde, et les accompagne dans leur régression. Certains observateurs (Antoniadi) considèrent cette frange comme illusoire — et provenant d'un effet de contraste subjectif dû à l'éclat contigu du Cap polaire — parce qu'elle désobéit à la perspective sur beaucoup de dessins et n'apparaît pas sur certaines photographies. D'autres, au contraire (Fournier), admettent sa réalité parce qu'elle présente souvent des intensités inégales le long de régions claires uniformes, qu'en général elle est plus sombre en bordure des régions les moins brillantes du Cap, qu'elle persiste à travers un écran rouge atténuant la blancheur polaire et qu'enfin des taches brillantes apparaissent temporairement en d'autres régions, sans présenter de cerne sombre.

En fait, chacune des deux thèses exprime une part de la vérité; les résultats obtenus au Houga en 1939 ont, en effet, permis de montrer *numériquement* que la frange sombre est un phénomène réel, mais souvent très exagéré par l'effet de contraste. (*C. et T.*, 1943, p. 220.)

On peut aussi noter que la frange n'est généralement pas visible à la fin de l'hiver quand le Cap est très étendu, ni pendant l'été, lorsqu'il est très réduit. Cette remarque a été aussi précisée *quantitativement* au Houga, dont les observations de 1939 permettent de montrer que la période de visibilité de la vraie frange sombre coïncide avec celle de disparition rapide (en *masse*, non en dimensions apparentes) de la neige polaire.

Cette neige — qui ne saurait être, pour de multiples raisons, de la neige

carbonique comme on l'a pensé jadis — est d'ailleurs peu épaisse, ainsi qu'en attestent son albédo moyen de 0,5 environ (neige fraîche épaisse : 0,78) et son éclat inégal suivant les régions, comme le montre aussi le calcul direct — à partir de la chaleur solaire reçue — qui conduit à quelques centimètres; l'épaisseur est naturellement plus grande au centre que sur la périphérie.

Le Cap polaire est donc certainement une couche d'eau cristallisée (glace, neige ou simplement givre) comme sur Terre, qui se condense pendant la saison froide sous des brouillards hivernaux et dans la nuit polaire, pour s'évaporer au retour du Soleil. Il s'agit bien surtout d'évaporation, car aux très basses pressions qui règnent sur Mars (voir ci-dessous), la *sublimation* doit être de beaucoup le phénomène fondamental par lequel disparaissent *en surface* les matériaux neigeux; néanmoins, la frange sombre montre sans doute que, *sur le pourtour* du cap, une véritable *fusion* doit avoir lieu aussi, normalement, pendant un certain temps. Mais la concordance de la période d'existence de la frange avec celle de transformation massive de la neige suggère que l'eau ne peut y persister à l'état liquide qu'autant que des conditions favorables sont réunies (sans doute tant que l'évaporation générale du cap est trop rapide pour que l'humidité qui en provient puisse être intégralement pompée par l'atmosphère et évacuée, avec un débit suffisant, vers les régions de la planète où l'atmosphère est sèche).

Telles sont les principales circonstances déjà connues de l'activité des Caps polaires de Mars, dont les variations paraissent conditionner étroitement un grand nombre de phénomènes de la planète et sont d'une importance primordiale pour leur interprétation.

Les régions claires.

La surface de Mars est couverte, pour les deux tiers environ, par des étendues claires qui présentent une belle coloration rose ou ocre; elles sont, en général, assez monotones et d'une grande stabilité d'éclat et de couleur. Leur relief doit être assez modéré, car les déformations observables au terminateur (protubérances) n'étant pas permanentes, n'ont jamais révélé de montagnes, qui ne sauraient, en tous cas, dépasser deux ou trois mille mètres; seules, quelques petites taches claires qui apparaissent de temps à autre en certains points fixes (Nix Atlantica, Nix Olympica), ont suggéré parfois des montagnes isolées, assez hautes pour favoriser une condensation de gelée ou de nuages.

Ces régions claires sont considérées, depuis longtemps, comme des déserts de sable, ou, plus généralement, comme des zones dénudées couvertes de poussières teintées de rouge par l'oxyde de fer.

Cette hypothèse, qui interprète bien leur monotonie et leur permanence générales, ainsi que les colorations observées, se fonde sur la considération de leur albédo — voisin de 0,15 — tout à fait comparable à ceux des cendres volcaniques, des grès rougeâtres et des déserts (0,14 à 0,20 d'après Lyot); elle s'accorde aussi d'un relief général peu marqué et permet enfin d'expliquer assez bien certains voiles jaunâtres qui s'y étendent parfois, évoquant des tempêtes de sable.

Cette interprétation a été renforcée par les recherches polarimétriques de Lyot (1922-1926) qui, après avoir trouvé que la courbe de polarisation de Mars est très semblable à celle de la Lune, a pu reproduire expérimentalement cette dernière par un mélange convenable de cendres volcaniques.

On peut donc considérer que la théorie des déserts poussiéreux, pour les régions claires de la planète, paraît solidement fondée sur un ensemble d'observations concordantes.

Avant de passer aux régions sombres, qui présenteront une série de phénomènes plus compliqués et d'interprétation beaucoup moins sûre, il est bon de passer en revue les recherches physiques qui, au cours des vingt dernières années, ont permis — principalement grâce aux travaux des grands observatoires américains — de préciser certains éléments importants du problème martien.

L'atmosphère.

La présence d'une atmosphère autour de Mars est reconnue depuis longtemps, mais les connaissances positives sur sa composition, sa structure, sa pression, sont des acquisitions récentes.

La composition chimique de cette atmosphère peut être recherchée par plusieurs voies :

1° La théorie cinétique des gaz permet d'affirmer qu'un gaz trop léger, dont la vitesse d'agitation moyenne dépasse le cinquième (d'après Jeans) de la vitesse de libération (ou vitesse parabolique, égale à 5 km/sec pour Mars contre 12 pour la Terre) ne sera pas retenu dans l'atmosphère. Ceci élimine l'Hydrogène et l'Hélium ;

2° Les propriétés chimiques font admettre que certains gaz, trop actifs chimiquement, ne pourraient demeurer libres longtemps ; tels les halogènes (Cl_2 , ...) et un bon nombre d'oxydes gazeux (NO_2 , CO , ...), en particulier l'Ozone O_3 , s'il s'est trouvé au contact de la surface (Wildt) ;

3° L'analyse spectrale — procédé le plus direct — ne révèle aucune bande caractéristique dans le spectre de Mars, ce qui élimine les gaz bien marqués dans d'autres planètes : Méthane, Ammoniac, et probablement aussi le gaz carbonique CO_2 (bien qu'il faille faire une réserve pour ce dernier, dont les bandes infrarouges sont dans une région encore peu explorée du spectre martien).

Mais les résultats récents les plus importants sont ceux de Adams et Dunham, concernant l'Oxygène (1933), et la vapeur d'eau (1937) ; ils surclassent tous les essais antérieurs fondés sur des méthodes incorrectes ou trop peu sensibles (1). En dépit des moyens très puissants mis en œuvre à l'observatoire du Mt Wilson, aucune trace de lignes caractéristiques d'origine martienne n'a pu être décelée. Cela permet d'affirmer qu'il n'y a pas, dans l'atmosphère de Mars — toutes proportions gardées — le centième ou même le millième de l'Oxygène présent dans la nôtre. Il a été suggéré à ce sujet (Wildt) que l'Oxygène martien a pu être épuisé, et fixé par le sol, par l'intermédiaire de l'Ozone ; cette idée s'accorde avec la richesse probable actuelle des déserts martiens en oxydes de fer (voir ci-dessus).

En ce qui concerne la vapeur d'eau, on peut dire seulement que les lignes martiennes ne devaient pas atteindre 5 % de l'intensité des lignes terrestres, mais on ne doit pas en conclure à l'absence totale de l'eau, car, au cours de ces observations, le spectrographe était pointé sur des régions claires, c'est-à-dire désertiques. Il faut seulement y voir la confirmation des idées généralement admises sur la dessiccation avancée de la planète et la grande sécheresse habituelle de son atmosphère.

Finalement, on voit que l'atmosphère de Mars doit être constituée de gaz non décelables spectroscopiquement, assez lourds et pas trop actifs chimiquement, ce qui, par élimination, conduit à envisager les gaz rares (Argon, ...) et

(1) Un compte rendu populaire de ces recherches a été donné par J. GAUZIT, dans *L'Astronomie*, de février 1939, pp. 78-82.

surtout l'Azote comme principaux constituants gazeux permanents de cette atmosphère.

La structure physique de l'atmosphère martienne a été révélée surtout par les photographies obtenues à travers des filtres colorés qui, d'habitude, montrent les configurations de la surface en lumière jaune, dans le rouge aussi — mais avec des contrastes accrus —, alors que, dans le bleu et le violet, au contraire, elles les font disparaître et présentent des détails d'un autre ordre.

En certaines occasions, cependant, les taches de la surface restent bien visibles sur les images bleues. Ces cas de transparence exceptionnelle prouvent que l'opacité usuelle de l'atmosphère martienne aux courtes longueurs d'onde n'est pas due essentiellement à ses constituants gazeux permanents, mais bien à une couche absorbante et diffusante de matière finement divisée en suspension dans l'atmosphère et qui ne présente que de rares éclaircies (Slipher). La matière qui constitue cette *couche violette* reste encore assez mystérieuse et ses variations inexpliquées.

Les photographies monochromatiques — en accord avec l'observation visuelle — révèlent des nuages de deux types principaux (Wright) :

1° Des nuages « bleus », qui se voient en lumière violette et disparaissent en lumière rouge (ils sont blanc bleuté visuellement) ;

2° Des nuages « jaunes », qui se voient en lumière rouge et disparaissent en lumière violette.

Les premiers peuvent être comparables à des brumes ou à de légers voiles de fins cristaux de glace, comme nos cirri les plus faibles ; ils se tiennent à des altitudes élevées, voisines de 10 à 30 km (d'après les protubérances qu'ils occasionnent au terminateur) et manifestent une prédilection marquée pour les zones sombres de la planète et leur voisinage (Fournier).

Les seconds pourraient être des voiles poussiéreux, soulevés par le vent dans les déserts (Douglass, Antoniadi) ; toutefois, on s'explique mal qu'ils puissent — comme on l'a vu parfois — durer pendant des semaines et couvrir presque toute la planète, surtout avec les vents assez faibles — quelques mètres par seconde seulement — que décèlent leurs déplacements. On a aussi invoqué des nuées de cendres volcaniques (Jarry-Desloges), dont la persistance à de hautes altitudes est connue sur Terre, mais on conçoit assez mal de nombreux volcans actifs sur une planète aussi desséchée que Mars. L'altitude de ces voiles est de l'ordre de 5 km, nettement plus bas que les premiers.

La « couche violette » qui paraît se tenir dans une région intermédiaire, pourrait donc être vers 10 ou 15 km d'altitude.

On peut encore noter que les brouillards polaires hivernaux se comportent comme les nuages « bleus », étant invisibles en lumière rouge ; qu'au printemps, le cap polaire est surmonté d'une formation atmosphérique vaporeuse et plus étendue que lui, révélée également par les images violettes — formation qui s'atténue et semble disparaître en été — ; et qu'enfin, d'autres manifestations, négligées ici, donnent à l'atmosphère martienne toute la complexité variable qui convient à une atmosphère.

La pression atmosphérique est un élément important — resté longtemps hypothétique — dont l'évaluation a pu commencer, depuis une quinzaine d'années, à prendre une base expérimentale, grâce à différentes méthodes faisant appel aux propriétés de la lumière diffusée par l'atmosphère — puisque celle-ci intervient évidemment dans la lumière globale de la planète.

Les chiffres obtenus pour cette pression, au sol (en cm de mercure), sont encore assez incertains : moins de 5 d'après Menzel (1925) ; moins de 1,8

d'après Lyot (1929) ; 3,7 d'après Barabascheff et Semejkin (1933) ; enfin 7 environ, ou un peu moins, d'après mes résultats de 1939. La pression atmosphérique reste donc encore mal connue, mais paraît devoir être assez voisine de $\frac{1}{4}$ cm de mercure au sol, soit 1/20 d'atmosphère. Résultat important cependant, car il indique que *l'eau peut exister à l'état liquide* sur Mars (puisque cette valeur dépasse les pressions de vapeur saturante de l'eau jusque vers +30° C).

A noter aussi qu'en raison de la faiblesse de la pesanteur sur la planète, la pression dans son atmosphère, si elle est à la surface comparable à celle qui règne ici vers 24 km dans la stratosphère, dépasse, par contre, celle de la nôtre aux altitudes supérieures à 40 ou 50 km.

Les climats.

Une question qui, antérieurement, restait l'objet de vagues spéculations, et à laquelle les recherches américaines ont apporté une réponse d'une importance considérable, est celle des températures qui règnent à la surface de la planète.

En effet, en associant des thermocouples minuscules (1) à de grands télescopes, Pettit et Nicholson au Mont Wilson, Coblentz, Lampland et Menzel, à l'Observatoire Lowell, sont parvenus, depuis 1922, à déterminer directement les températures des différentes régions de Mars.

Les conclusions principales à tirer de ces mesures (1924-1926) sont les suivantes (2) :

Comme prévu, la température moyenne de Mars est plus basse que celle de la Terre, environ -20° à -30°, contre +10° à +15° C.

Mais, au centre du disque, à midi, en été, sous les tropiques, les températures dépassent nettement 0° et sont voisines de +10° à +20° sur les régions claires, de +20° à +30° sur les régions sombres. Le sol martien peut donc, surtout dans les régions sombres, atteindre des températures assez élevées.

Par contre, l'atmosphère doit être très froide et, en particulier, les nuages « bleus » sont — comme il est d'ailleurs bien naturel, vu leur grande altitude — à de très basses températures avoisinant -60°. *Leur influence, trop souvent méconnue* (pourtant soulignée dès le début par Coblentz), *a faussé fréquemment les interprétations de ces mesures.*

En fait, leur action est très caractéristique, surtout vers les bords du disque ; lorsqu'ils sont révélés par les photographies — en lumière violette —, les températures observées descendent vers -40° à -60° ; au contraire, quand l'atmosphère martienne est claire, les températures enregistrées sont seulement de 0° à -20°.

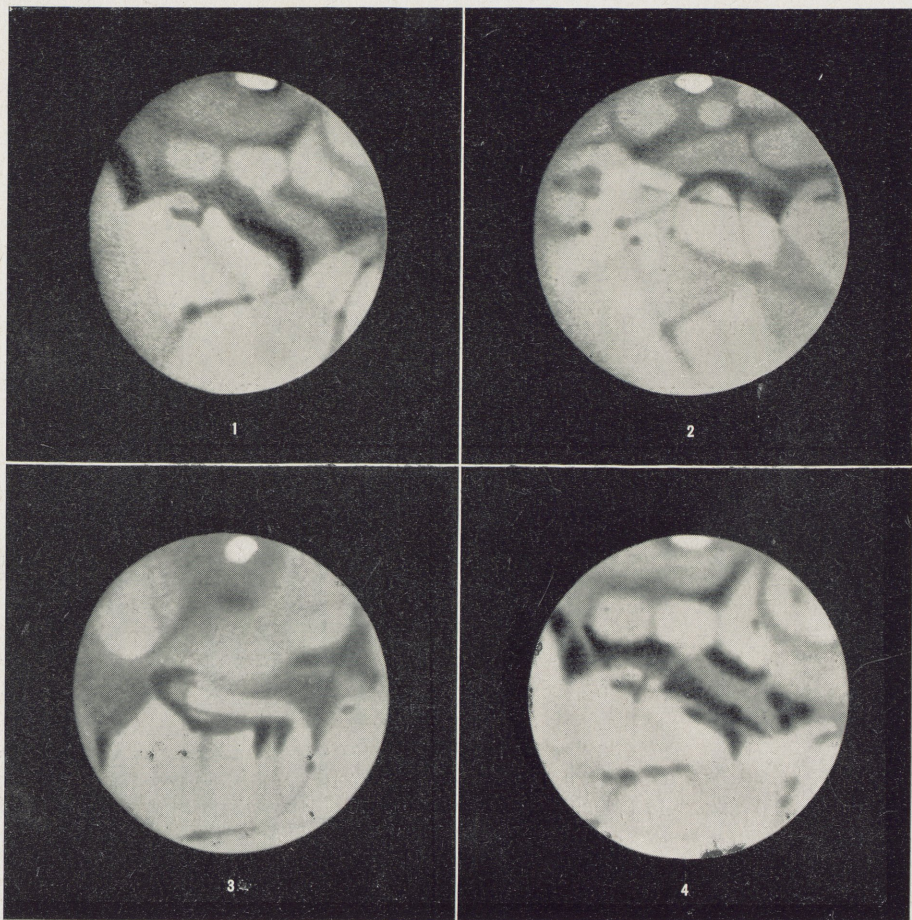
Néanmoins, il paraît bien certain que, même à l'équateur, *les nuits doivent être très froides*, ainsi qu'on pouvait le prévoir d'ailleurs, vu la sécheresse et la raréfaction de l'atmosphère.

Au point de vue *saisonnier*, les températures — à *midi local* — sont, en moyenne, à peu près les suivantes : vers l'équateur +20° ; aux tropiques +30°

(1) Un exposé élémentaire sur le couple thermoélectrique et les méthodes de mesure des températures planétaires a été donné par A. DANJON dans *L'Astronomie*, de juin 1937, pp. 255-257.

(2) Au cours des oppositions de 1924 et 1926, la planète était voisine du périhélie. A l'aphélie, les températures observées sont plus basses d'une vingtaine de degrés.

La planète Mars.



Dessins de Mars à l'opposition de 1941.

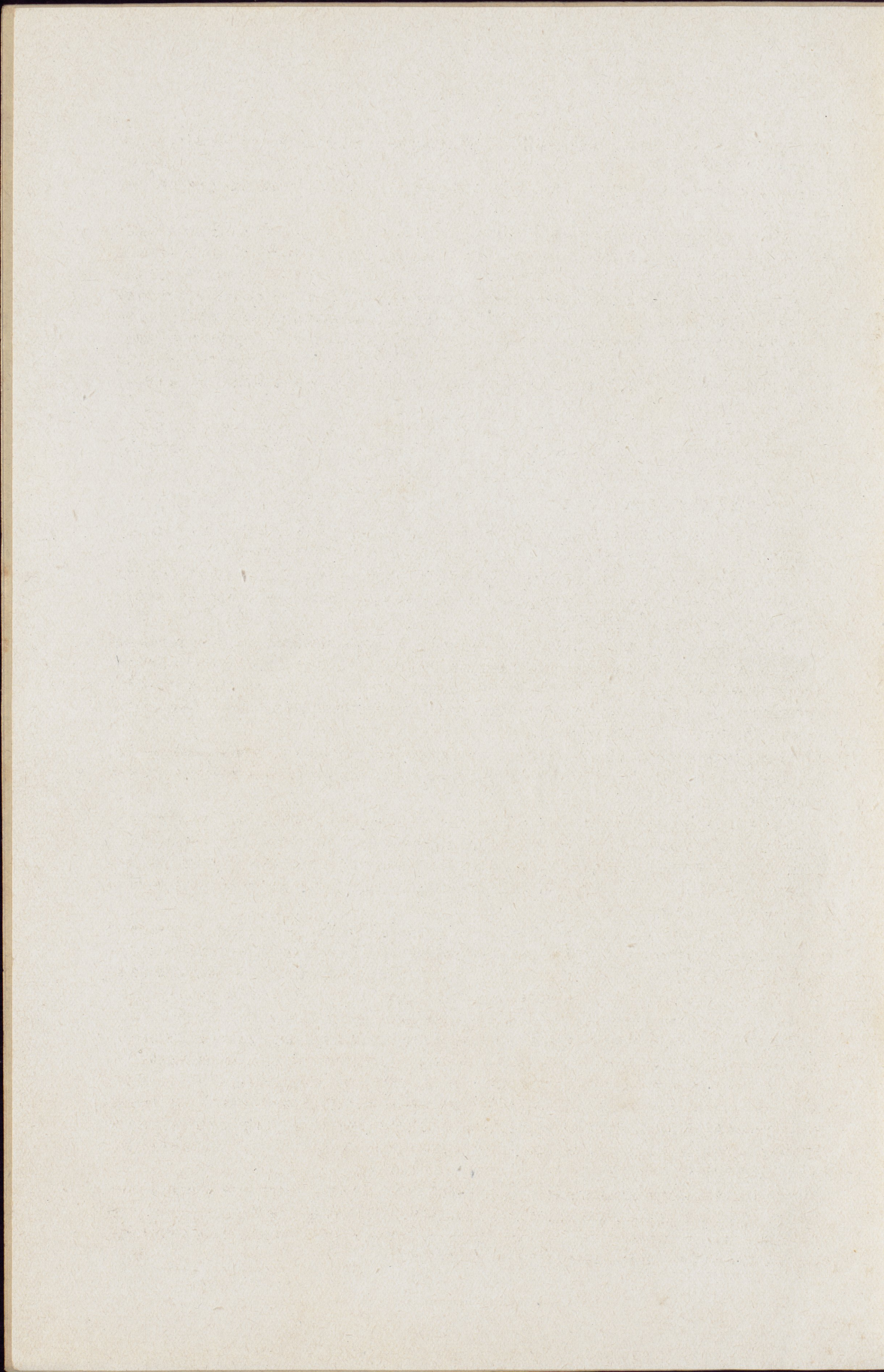
Observatoire du Houga (Gers), France. — Réfracteur 200 mm. — G. : 225-260.

Observateur : G. de Vaucouleurs.

1. — 31.8.1941, à 23^h47^m. $\omega = 210^\circ$. 2. — 11.9.1941, à 0^h43^m. $\omega = 131^\circ$.
3. — 23.9.1941, à 22^h34^m. $\omega = 344^\circ$. 4. — 6.10.1941, à 21^h45^m. $\omega = 218^\circ$.

Il est intéressant de comparer le dessin 4 du 6 octobre 1941 avec celui obtenu 35 m plus tôt par M. Antoniadi à la lunette de 830 mm de Meudon (*L'Astronomie*, nov. 1941, p. 243) et avec la photographie composite obtenue au Pic du Midi le 8 octobre 1941 (*L'Astronomie*, mai 1943, p. 70).

(N. B. La reproduction exagère fortement les contrastes.)



en été, +10° en hiver; dans les zones tempérées, +10° à +20° en été, —10° à 0° en hiver; enfin, dans les régions polaire, —10° à +10° en été (mais en hiver, dans la longue nuit polaire, la température doit descendre jusque vers —70° à —90°).

Il importe de signaler que les températures de —60° à —70° relevées dans les régions polaires au début de l'été austral (en 1924) doivent être, là encore, attribuées, non à la surface neigeuse du Cap (comme on l'a fait souvent), mais bien aux formations atmosphériques le surmontant — cela en parfait accord avec les aspects des images violettes — et cette interception du rayonnement de la surface pourrait même constituer « une vérification de la présence, dans l'atmosphère, d'eau sous forme de cristaux ou de vapeur » (Coblentz), puisque l'eau absorbe fortement dans l'infrarouge, produisant un « effet de serre » bien connu.

Finalement, on peut donc conclure que les climats de Mars sont seulement un peu plus rigoureux que ceux de la Terre, avec des variations diurnes et saisonnières de température plus prononcées.

Les régions sombres.

Les taches sombres dessinent, sur la planète, des configurations caractéristiques et permanentes dont la carte détaillée peut être tracée.

Une étude attentive montre cependant qu'en dehors des modifications apparentes provenant de l'interposition des nuages, elles subissent des variations intrinsèques de détail.

Les unes sont *accidentelles* et consistent le plus souvent en l'obscurcissement temporaire et rapide d'une région claire — généralement en bordure d'une zone sombre — suivi, quelques années plus tard, du retour à l'aspect antérieur. Certaines régions semblent particulièrement propices à ces variations (Thaumasia, Aethiopsis, ...).

Les autres ont, au contraire, un caractère nettement *saisonnier* et se manifestent sous différentes formes dont les relations mutuelles restent encore à préciser.

Une première forme de ces variations consiste en l'extension, suivie quelques mois plus tard du retrait de certaines taches sombres sur les régions claires voisines, suivant un rythme plus ou moins saisonnier (Syrtis Major, Pandoraë Fretum, ...), mais assez régulier cependant pour qu'on en puisse prévoir le retour (Antoniadi).

Une seconde forme affecte les colorations des taches, en liaison nette avec les variations saisonnières des calottes polaires. Elle se manifeste par le développement, pendant le printemps, à partir du Cap polaire, d'une bande brune, en extension rapide vers l'équateur, substituant aux colorations grises, bleu-tées ou verdâtres des régions sombres, des teintes brunes, marron ou même violacées ou carminées et révélant ainsi en même temps une grande diversité de constitution (Antoniadi — 1924). A part quelques plages réfractaires, la plupart des taches sombres ont subi de la sorte un changement de couleur dès l'été. Cela fait saisir sur le vif *l'extension de quelque chose, qui prend naissance dans la zone polaire* pendant la décroissance du Cap neigeux, et se propage ensuite dans toutes les directions, en provoquant des modifications dans les régions sombres.

D'autres variations encore paraissent avoir lieu, en stricte dépendance par rapport au cycle saisonnier des calottes polaires, qui affectent, non plus la *forme* ou la *couleur* des taches, mais seulement leur *degré d'assombriement* qui évolue comme suit (Lowell, Fournier) :

Pendant l'hiver d'un hémisphère, les régions sombres paraissent pâles et de contours assez vagues; dès le début du printemps, les régions circum-polaires deviennent très sombres, puis, au cours de celui-ci, pendant la régression du Cap polaire, l'assombrissement s'étend rapidement sur les régions tempérées, gagne la zone équatoriale — où les taches sombres se précisent — et déborde même dans l'autre hémisphère, cependant que, durant l'été, les régions polaires redeviennent pâles, « comme vidées de leur contenu sombre » (Fournier).

Cet assombrissement semble se répandre de préférence en suivant certaines grandes artères où se développent des traînées sombres qui paraissent liées aux fissures du Cap polaire et les prolonger (Fournier, Jarry-Desloges).

Ces phénomènes décèlent encore *une activité liée à l'arrivée de produits issus de la calotte polaire* et les apparences observées ont conduit à imaginer une circulation de l'eau de fusion à l'état liquide; toutefois, en raison de l'aplatissement polaire de Mars (1/200 environ), cette extension du pôle vers l'équateur devrait se faire contre la pesanteur, et il a fallu invoquer — pour qu'elle soit possible sous forme *liquide* — soit des actions capillaires par porosité (Fournier), soit même une organisation spéciale et artificielle (Lowell).

On peut se demander, toutefois, si *l'humidité* propagée par l'atmosphère ne suffirait pas à rendre compte des phénomènes et plus aisément. Cette idée paraît fortement appuyée par les résultats obtenus au Houga en 1939, qui semblent permettre même de préciser les modalités de transfert de cette humidité. Les principaux de ces résultats sont les suivants :

1° Les *coulées sombres* de certaines grandes artères (Hellespontus) se propagent à raison de 18 km par jour, alors que la vague *d'assombrissement générale* s'étend à raison de 45 km par jour — 2,5 fois plus vite — ce qui semble déceler déjà une différence de nature essentielle.

2° La *topographie* conditionne le trajet des premières, alors qu'elle ne paraît pas influencer sensiblement sur l'expansion de la seconde, qui affecte à peu près au même moment toutes les plages de même latitude; si donc les premières se propagent *au sol*, la seconde semble bien s'étendre *par voie atmosphérique*.

3° La vague générale semble conserver la même vitesse en passant d'un hémisphère à l'autre, ce qui permet de penser que *les vents* ne doivent pas participer notablement à son expansion (car il y aurait une discontinuité vers l'équateur par raison de symétrie).

C'est donc très probablement surtout par *diffusion* (1) dans l'atmosphère que *l'humidité* serait transférée, sous forme de *vapeur invisible*, des régions polaires vers l'équateur; ce processus s'accorde mieux avec ce que l'on sait de la sécheresse et de la faible pression de l'atmosphère martienne, où les phénomènes d'évaporation et de sublimation doivent prendre une importance prépondérante; il s'accorde mieux aussi avec la vitesse de *45 km par jour* (2 km/h) qui paraît trop rapide pour une propagation capillaire dans le sol (à laquelle les coulées sombres, plus lentes, pourraient être attribuées à la rigueur?) et se raccorde enfin tout naturellement aux circonstances de disparition du cap polaire et aux conditions d'existence de la frange sombre (voir ci-dessus).

Cela détermine donc l'agent responsable des variations saisonnières et son

(1) Plus précisément diffusion par turbulence, incomparablement plus efficace que la diffusion moléculaire.

mode de propagation ; il resterait à préciser son action et à déterminer *la nature des régions sombres*.

Or, on s'est habitué, depuis longtemps, à y voir des étendues de *végétation* plus ou moins comparable à la nôtre ; ce qui permet bien d'interpréter les variations saisonnières d'extension, d'intensité et de coloration, ainsi que leur subordination à l'arrivée de l'humidité.

Il est bon de noter pourtant que, si la température reste supportable, ses fortes variations et la rigueur générale des climats, la très basse pression de l'atmosphère et sa grande sécheresse habituelle exigeraient au moins de la végétation une capacité de résistance et d'adaptation peu commune. D'ailleurs, la coloration générale verte des taches, si souvent invoquée, ne peut plus être retenue comme argument favorable, car, d'une part, notre végétation verdit au printemps et passe au roux à la saison sèche, alors que, sur Mars, au contraire, le virage au marron se produit à partir du Cap polaire à l'arrivée de l'humidité, et, d'autre part surtout, l'absence d'oxygène dans l'atmosphère martienne s'oppose à l'idée de plantes vertes — c'est-à-dire à chlorophylle — analogues aux nôtres, dont la fonction chlorophyllienne dégage précisément ce gaz en abondance.

On peut, sans doute, se tirer d'affaire avec des hypothèses supplémentaires ; cependant, il faut reconnaître que l'hypothèse végétale ne va pas sans difficulté, et on a suggéré (Arrhenius) une explication des colorations et de leurs changements faisant seulement appel à des terrains chargés de substances hygroscopiques et colorées par des sels métalliques ; il ne semble d'ailleurs pas que l'idée ait été approfondie, ni qu'elle ait rallié beaucoup de partisans.

Néanmoins, cela suffit à rappeler que la théorie de la végétation n'est pas nécessairement la seule à laquelle on puisse avoir recours, et qu'en tous cas, il serait prématuré de la considérer comme parfaitement établie, car *l'analogie avec notre végétation a été souvent forcée*.

Les canaux.

Il ne peut être question de retracer ici par le détail les débats interminables auxquels ont donné lieu les canaux de Mars ; leur histoire a d'ailleurs été souvent vulgarisée (1).

Il suffira de rappeler que la désignation *conventionnelle* de « canal » s'applique à de légers tracés plus ou moins réguliers et plus ou moins fins observables surtout à travers les régions désertiques de la planète.

Ces tracés furent dessinés par certains astronomes (Schiaparelli, Lowell et ses assistants, etc...) comme des lignes droites excessivement fines et très nombreuses (près de 700 jusqu'en 1909) reliant les taches sombres entre elles et présentant à leurs points d'intersection des petites taches rondes ou oasis ; l'aspect géométrique et coordonné du réseau, ses variations saisonnières liées à l'évolution des calottes polaires, le phénomène étrange du dédoublement (*ou gémiation*) des canaux et des oasis, conduisirent quelques observateurs (Lowell) à y voir la trace d'une *organisation rationnelle* pour la répartition de l'eau, et la preuve de l'existence des « martiens ».

Toutefois, ces canaux semblaient trop fins pour le pouvoir séparateur des instruments, ils étaient plus ou moins dessinés sur les autres planètes (Lowell, Douglass) et restaient souvent invisibles dans de grands instruments

(1) Voir, par exemple, le récent petit volume, très vivant (mais un peu fantaisiste), de P. ROUSSEAU : *Mars, Terre mystérieuse*. Hachette, 1941.

(Barnard). On en vint donc à les considérer comme des représentations stylisées de limites de demi-tons (Green), de taches plus ou moins alignées (Cerrulli) et comme des lignes fictives entrevues sur les directions d'éléments complexes (Maunder) ou même comme purement illusoires dans les géminations.

La question peut sembler tranchée dans ce sens, à la suite des observations faites avec la grande lunette de l'Observatoire de Meudon (Antoniadi, 1909-1924) montrant que les « détails de Mars présentent partout une structure infiniment irrégulière et naturelle » (Antoniadi). Ces conclusions confirmées par divers auteurs (Hale, Van Biesbroeck, Baldet, Maggini, Graff,...) sont adoptées très généralement *en Europe*, constituant en quelque sorte la thèse officielle.

Il faut néanmoins souligner qu'il n'en est pas de même *en Amérique*, où les canaux sont toujours dessinés en grand nombre (Pickering, Slipher), même avec de grands instruments (Trumpler, 1924), et où l'on affirme catégoriquement que « les observations visuelles faites à l'Observatoire Lowell ont été confirmées globalement et corroborées dans le détail par les photographies » (Slipher).

Il est donc abusif de considérer la question comme définitivement liquidée.

On doit, en effet, souligner (Fournier) que les formations linéaires — continues ou non — découvertes par Schiaparelli il y a trois quarts de siècle se voient toujours aux mêmes emplacements (ce que personne ne conteste plus), qu'elles paraissent participer au cycle saisonnier général des taches sombres, et, surtout, qu'à leur emplacement — et suivant leur tracé exact — peuvent se développer des *bandes sombres de première importance* (Cerberus, Népentès-Thoth,...) susceptibles de durer plusieurs années ou dizaines d'années, mais aussi réciproquement de s'effacer pour redevenir insignifiantes (Indus, Hydaspes,...) ce qui, avec d'autres témoignages, permet d'affirmer « que le phénomène des canaux, par l'ensemble de ses propriétés, est un phénomène spécifiquement martien » (Fournier).

Quant à la structure exacte de ces canaux, elle est restée jusqu'ici une affaire d'appréciation subjective. Les *photographies* mêmes ont été invoquées tantôt contre la réalité des canaux fins et de leurs géminations (Antoniadi, Danjon, Maggini, ...), tantôt, au contraire, en leur faveur (Lowell, Flammarion, Slipher). En réalité, les images photographiques obtenues jusque maintenant paraissent trop petites et trop floues pour qu'on puisse objectivement conclure.

Des résultats très récents (Lyt, Camichel et Gentili, Observatoire du Pic du Midi, 1941) paraissent permettre de nouveaux espoirs dans ce sens; mais il est trop tôt pour qu'on puisse en faire état ici (1).

La vie sur Mars.

Il n'y a pas lieu de s'étendre ici sur cette question. Il faut seulement noter que l'immense majorité — sinon la totalité — des êtres vivants terrestres ne sauraient s'accommoder brutalement des conditions qui règnent sur Mars. Quant à l'idée, si répandue, d'une vie adaptée à ces conditions — une vie « généralisée » pour ainsi dire —, elle est encore au delà des limites de la science positive et ne peut être l'objet — pour ou contre — que de vagues spéculations métaphysiques.

(1) Voir Lyot, *L'Astronomie*, 1943, pp. 49 et 67.

L'exposé précédent, en précisant sommairement les éléments connus de la question martienne, permettra tout au moins de se faire une idée objective de l'aspect astronomique du problème dans sa position actuelle.

Observatoire Péridier,
Le Houga (Gers), France.

G. DE VAUCOULEURS.

BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE.

Le lecteur qui désirerait faire une connaissance plus complète avec les problèmes de Mars pourra consulter les ouvrages suivants :

J. BOSLER. — *Cours d'Astrophysique*, Paris, 1928.

CH. ANDRÉ. — *Les planètes et leur origine*, Paris, 1909 (la question des canaux jusqu'en 1908 est spécialement développée).

RUSSEL, DUGAN, STEWART. — *Astronomy*, t. I, Boston, 1928 (excellente mise au point jusqu'en 1926).

Parmi les ouvrages d'ensemble, mais plus spécialisés, voir :

C. FLAMMARION. — *La planète Mars*, Paris, t. I, 1892; t. II, 1909 (revue générale des travaux de 1636 à 1901).

P. LOWELL. — *Mars and its canals*, New-York, 1906 et trad. française de MOYE, Paris, 1909 (thèse des canaux artificiels).

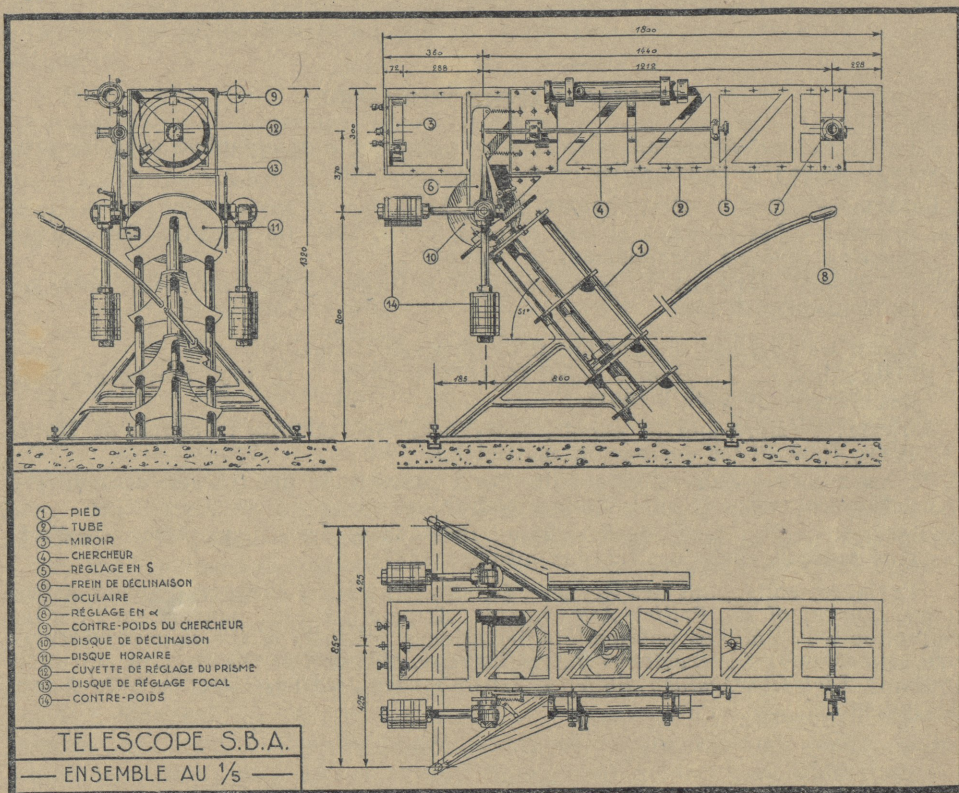
E. M. ANTONIADI. — *La planète Mars*, Paris 1929 (thèse des traînées irrégulières naturelles, revue détaillée de la topographie).

M. MAGGINI. — *Il pianeta Marte*. Milano, 1939 (thèse des canaux illusoires d'origine optique, revue des travaux jusqu'en 1937).

Enfin, les collections des Revues : *L'Astronomie*, *Ciel et Terre*, *Popular Astronomy*, *Journal of the British Astronomical Association*, etc., peuvent servir d'introduction à l'étude des publications techniques : *Annals of the Lowell Observatory*, *Annales des Observatoires Jarry-Desloges*, *Memoirs of the B. A. A* (Section de Mars), *Lick Observatory Bulletin*, *Astrophysical Journal*, *Astronomische Nachrichten*, etc.

Les Plans du Télescope S. B. A.

La S. B. A. met en vente, au prix de 150 fr., la collection complète des 76 plans de construction du télescope S. B. A. Le plan d'ensemble que nous reproduisons ci-après est établi à l'échelle 1/5 ; les plans de détail sont dressés à l'échelle 1/1 ou 1/2.



Caractéristiques : miroir de 20 cm. ; grossissement de 80 à 325 fois.
 Le prototype de cet instrument a figuré à l'exposition S. B. A. du 27 juin 1942 et a fait l'objet d'un article paru dans « Ciel et Terre » 1943, fascicule janvier-février, pp. 30-51.

Ces plans ont été établis par MM. J. André, J. S. Dubois et M. Petit, ingénieurs.
 Le modèle « Télescope S. B. A. » a été déposé à l'Office des Brevets, en février 1943.

Les commandes se font au compte chèque postal 775.28 - Société belge d'Astronomie, Bruxelles. Prière de mentionner sur le talon du virement : **Plans Télescope S. B. A.**

Aspect télescopique de la planète Mars

Planche en couleurs

d'après les observations faites à la grande lunette
de l'Observatoire de Meudon, par E. M. ANTONIADI.

Prix : 5 francs.

CARTE GÉNÉRALE DU CIEL

Hémisphère Nord (30 × 30 cm.)

indiquant la position et l'éclat des étoiles visibles à l'œil
nu pour un observateur d'Europe.

Prix : 1 FRANC, port compris.

SOCIÉTÉ BELGE D'ASTRONOMIE, BRUXELLES
C. Ch. P. 775.28

(Prière de mentionner sur le talon du virement postal :
Carte du Ciel.)

Extraits de « CIEL ET TERRE »

Le problème de la cartographie coloniale par les méthodes de la photogrammétrie aérienne, par L. J. Pauwen (<i>C. et T.</i> 1942), 24 p. + 1 carte	5 »
Frontogénèse et cyclogénèse sur l'Atlantique nord et l'Europe occidentale et centrale, par J. Van Mieghem (<i>C. et T.</i> 1942), 28 p.	5 »
La figure de la Terre et la théorie de l'isostasie, par M. Dehalu (<i>C. et T.</i> 1943), 14 p.	5 »
La taille des miroirs de télescopes par les amateurs et Le télescope S. B. A., par J. S. Dubois et J. André (<i>C. et T.</i> 1943), 24 p.	5 »
LE SOLEIL. Introduction à l'étude des relations entre les phénomènes solaires et terrestres, par M. Nicolet (<i>C. et T.</i> 1941-1943), 138 p. + 34 pl. h. t.	50 »
La Météorologie au service de l'Agriculture, par R. Berce (<i>C. et T.</i> , 1943), 30 p.	5 »

Ces fascicules sont en vente à la Société belge d'Astronomie, Bruxelles. C. ch. p. 775.28.

Prière de mentionner, sur le talon du virement postal, le titre de la publication. Les prix s'entendent port compris.

Société Belge d'Astronomie, de Météorologie et de Physique du Globe

fondée en 1895

transformée en association sans but lucratif en 1928
(*Moniteur belge* du 3 mars 1928 et du 23 août 1941).

Siège social : rue d'Egmont, 11, Bruxelles.

Secrétariat général : avenue des Volontaires, 35, Auderghem-Bruxelles.

Trésorerie : compte chèque postal n° 775.28, avenue des Combattants, 125,
Genval-Bruxelles.

Rédaction du bulletin « CIEL ET TERRE » : avenue Circulaire, 3, Uccle-
Bruxelles.



La Société a pour objet la diffusion et le développement de l'astronomie, de la météorologie et de la physique du Globe.

Les réunions mensuelles de la Société ont lieu le dernier samedi du mois, à 17 h., à la Fondation Universitaire, rue d'Egmont, 11, Bruxelles. Il n'y a pas de réunion en juillet, ni en août, ni en septembre.

L'assemblée générale a lieu le deuxième samedi de décembre ; elle a pour objet de vérifier les comptes de l'année écoulée (l'année sociale se termine le 31 août), d'examiner le budget de l'exercice courant et d'élire les membres du Conseil scientifique et du Conseil d'Administration. La durée du mandat du président et des administrateurs est de trois ans. Le président et les administrateurs entrent en fonction le 1^{er} septembre qui suit l'élection.

La Société est composée de membres effectifs, de membres adhérents (étudiants) et de membres à vie. Pour être admis, il faut être présenté par deux membres. La demande d'admission, signée par le candidat et par les deux parrains, est adressée au Président du Conseil d'Administration. L'admission est prononcée à la majorité des deux tiers des membres présents à la réunion. Elle est notifiée à la prochaine assemblée. Les membres effectifs paient annuellement une cotisation de 50 fr. ; pour les membres adhérents, la cotisation est réduite à 25 fr. ; les membres à vie font un versement unique de 1.000 fr. minimum.

La revue « CIEL ET TERRE », fusionnée, depuis 1905, avec le Bulletin mensuel de la Société belge d'Astronomie, contient les travaux originaux des membres de la Société et de savants belges et étrangers ; elle publie les conférences faites à la tribune de la Société, des articles de vulgarisation, des notes bibliographiques et les éphémérides astronomiques.

Le tome 59 (année 1943) comporte 414 pages ; 38 planches et 180 figures illustrent le texte.

Les membres de la Société reçoivent gratuitement la revue « Ciel et Terre ». Le coût de l'abonnement est égal à la cotisation de membre effectif de la Société. (Etranger : 60 fr. ou 12 belgas. Le prix de l'abonnement est réduit à 30 fr. ou 6 belgas pour les étudiants étrangers).

La Bibliothèque, qui contient plus de 5.000 livres et brochures, est établie à l'Université de Bruxelles, avenue des Nations, 50. Le Bibliothécaire est M. F. Dutry, rue César Franck, 82, Ixelles.

Séances d'observation : Une coupole d'observation et des instruments astronomiques sont mis à la disposition de la Société par l'Observatoire royal de Belgique à Uccle. Pour les séances d'observation, s'adresser à M. F. Dutry.

Imprime en Belgique.

1054 — 11.763

CIEL ET TERRE. — Président du Comité de rédaction : F. MOREAU, Observatoire royal, Uccle.
Editeur : Editions L'AVENIR, S. P. R. L., 27, pl. de Jamblinne de Meux, Bruxelles.
Etablissements d'Imprimerie L'AVENIR, S. A., 27, pl. de Jamblinne de Meux, Bruxelles.
Adm. dél. : Mme CARLIER, 145, av. Milcamps, Bruxelles. P. 1301.