

OBSERVATIONS PLANÉTAIRES AU PIC DU MIDI, EN 1941

PAR MM. CAMICHEL, GENTILI ET LYOT

Depuis le siècle dernier, les principales branches de l'astrophysique, l'étude du Soleil et celle de l'univers stellaire, ont évolué de plus en plus rapidement et l'on reste étonné du nombre et de l'importance des résultats acquis. Ces progrès ont eu, pour causes principales, les perfectionnements des appareils et des méthodes de la physique.

Au contraire, l'observation directe des planètes au télescope, l'étude visuelle ou photographique des détails de leur surface, de leurs configurations particulières, de leurs nuages, etc... a fait des progrès de plus en plus lents.

Les connaissances acquises depuis le début de ce siècle sur la topographie martienne, par exemple, sont dues aux longs et minutieux travaux de quelques observateurs sachant représenter ce qu'ils voient par le dessin et pas à un instrument d'optique d'un genre nouveau ou d'une puissance supérieure à celle des précédents. Les principales

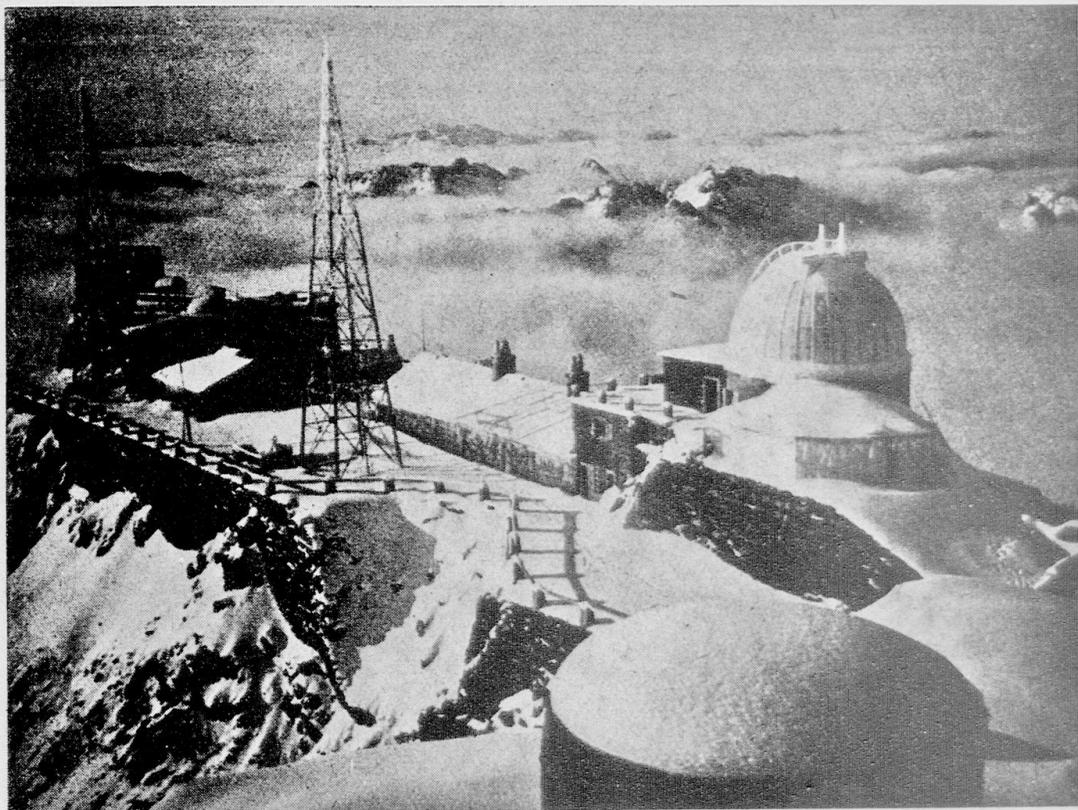


Fig. 20. — L'Observatoire vu du sommet le 29 juin 1937.

lunettes en service, celle de 83 cm. de l'Observatoire de Meudon, par exemple, existaient en effet déjà en 1900 et les grands télescopes modernes n'ont permis de dessiner ou de photographier, sur les planètes, aucun détail plus petit que ceux déjà connus. Dans ces conditions, les progrès des observations planétaires semblaient devoir être rapidement limités ; une limite leur est imposée, en effet, par l'atmosphère terrestre qui n'est jamais parfaitement homogène, tout au moins dans les couches voisines du sol.

Efficacité des diverses ouvertures instrumentales. — En plaine, sur la planète Mars, une lunette de 10 cm. d'ouverture montre déjà les principales configurations, les images sont nettes la plupart des nuits.

Une lunette double, de 20 cm. d'ouverture, possède une efficacité incomparablement plus grande ; presque tous les détails actuellement connus lui sont accessibles lorsque l'atmosphère est particulièrement calme, mais elle ne donne son rendement théorique que très rarement.

Une lunette double, de 40 cm. d'ouverture, en principe deux fois plus puissante, est pratiquement incapable de résoudre des détails planétaires deux fois plus fins que celle de 20 cm. ; on peut donc en conclure que, même dans les meilleures conditions atmo-

(1) Conférence faite à la Société Astronomique de France (Séance du 17 mai 1941).

sphériques, son rendement théorique n'est pas atteint. Elle donne plus de lumière et permet de mieux voir les demi-tons.

Une lunette double, de 80 cm. d'ouverture, celle de Meudon, ne montre pas des détails planétaires beaucoup plus fins que celle de 40 ; sa grande luminosité permet de mieux voir les colorations et d'apprécier plus facilement les faibles contrastes.

Les grossissements que l'on peut appliquer *utilement* aux planètes sont aussi limités par l'atmosphère terrestre. En effet, le *grossissement minimum nécessaire* pour montrer les plus fins détails planétaires accessibles à un instrument devrait être proportionnel à son ouverture. Il n'en est rien : Pour un même observateur et pendant les meilleures nuits, ce grossissement minimum, pour une lunette de 10 cm. sera, par exemple, de 150 fois ; pour une de 20 cm., de 250 à 300 ; pour une de 40 cm., de 300 à 350 ; et pour la lunette de 81 cm. de Meudon, de 350 à 500, tandis qu'il devrait être, dans ce dernier cas, de 1200.

L'efficacité des instruments d'optique pour l'étude des planètes n'augmente donc pas en proportion de leur ouverture, comme cela aurait lieu si l'atmosphère était parfaite. Les défauts d'homogénéité de l'atmosphère, les tourbillons et les ondulations de couches d'air à des températures différentes lui imposent une limite qui est atteinte avec les instruments actuels. Sur les détails planétaires, en général peu contrastés, cette limite est beaucoup plus basse que sur les étoiles doubles ; dans nos régions, même par les meilleures nuits, elle reste inférieure à la puissance théorique d'une lunette de 30 cm.

Les hautes stations. — Divers observateurs ont cherché des stations dans lesquelles, cette limite soit plus élevée, les uns en plaine, d'autres sur des plateaux, quelques-uns en montagne, sur des cols et, plus rarement, sur des sommets isolés.

Les réseaux fantastiques de canaux rectilignes dessinés sur Mars et même sur d'autres planètes, à l'Observatoire Lowell, ont ensuite discrédité les stations de haute altitude aux yeux de beaucoup de personnes.

Les images déplorables obtenues au Jungfraujoch, par Schaer, à l'opposition de Mars de 1924, ont augmenté ce discrédit et ont contribué à répandre l'opinion que les images sont mauvaises en montagne à cause des tourbillons atmosphériques que les chaînes montagneuses ne peuvent manquer d'y produire.

En effet, dans les cols, au Jungfraujoch par exemple (altitude 3.450 m.), ces tourbillons, souvent rendus visibles par les mouvements des nuages, sont particulièrement intenses. Par contre, sur des sommets isolés tels que le Pic du Midi, il ne semble pas en être ainsi. La nuit, les courants ascendants dus à l'échauffement des flancs de la montagne par le Soleil se calment peu à peu, le sol devient plus froid que l'air et l'atmosphère se stratifie en couches horizontales d'une grande stabilité. Lorsqu'il y a des nuages un peu au-dessous de l'Observatoire, ceux-ci contournent alors le Pic sans être déviés dans le sens vertical (fig. 20).

Les conclusions *a priori* sont toujours dangereuses et, à notre avis, il était prématuré d'abandonner les stations de haute altitude pour l'observation des planètes sans faire de nouvelles expériences. Divers arguments militaient, en effet, en faveur des stations élevées :

Les photographies planétaires obtenues à l'Observatoire Lowell, à 2 380 m. d'altitude, ont été, jusqu'à maintenant, parmi les meilleures que nous possédions et elles prouvent la qualité des images dans cette station.

Au Pic du Midi, altitude 2 870 m., les images semblaient aussi excellentes. En 1909, par exemple, MM. de la Baume Pluvinel et Baldet y ont obtenu une série de clichés de Mars très remarquables, à une époque où les plaques photographiques n'avaient pas les qualités qu'elles possèdent maintenant. Il est regrettable que ces photographies n'aient pas été publiées.

En 1927, M. Rougier a dessiné, avec la lunette du Pic dont le diamètre est seulement de 23 cm., deux taches sur Ganymède pendant son passage sur le disque de Jupiter. Son dessin concorde parfaitement avec les observations de M. Antoniadi faites à Meudon, avec 81 cm.

En 1930, en essayant des diaphragmes de formes variées devant l'objectif de la lunette du Pic, M. Charles Fabry, M. Louis Roy et moi-même avons obtenu des franges de diffraction parfaitement nettes et immobiles.

Enfin, à l'opposition de 1939, devant la richesse extraordinaire des détails que la lunette de 23 cm. du Pic nous a montrés sur Mars, malgré son ouverture insuffisante, nous avons formé le projet, MM. Camichel, Gentili et moi-même, de reprendre les observations en 1941, avec un instrument plus puissant.

Installation de l'objectif. — L'équatorial du Pic du Midi, installé en 1906, par M. Benjamin Baillaud, possède un tube double dont le côté supérieur forme la lunette de 23 cm. tandis que l'autre constitue un télescope de 50 cm. d'ouverture. Ce télescope a

toujours donné, malgré son diamètre plus grand, des images moins contrastées et moins fines que la lunette, principalement en raison des tourbillons d'air à des températures différentes à l'intérieur du tube et nous avons été obligés de renoncer à son emploi.

D'autre part, le tube de l'instrument avait été construit de telle manière que sa longueur, de 5 m. 80, corresponde exactement à la distance focale d'un objectif de 38 cm. d'ouverture taillé par les frères Henry. Cette belle pièce optique était à l'Observatoire de Toulouse et n'avait, je ne sais pourquoi, jamais été montée au Pic du Midi. Sur la demande de M. Baillaud, M. Paloque, Directeur de l'Observatoire de Toulouse, a bien voulu me prêter l'objectif pour l'opposition de Mars de 1941 et je lui exprime mes plus vifs remerciements.

L'objectif est arrivé à Bagnères-de-Bigorre à la fin de juillet, il n'a pu être transporté au Pic qu'à la fin d'août, à dos de mulet. Son installation sur l'équatorial a été très facile : une pièce que M. Baillaud avait fait préparer d'avance a permis de le fixer, en moins d'une journée, à la partie supérieure du télescope de 50 cm. Le miroir et son barillet ont été remplacés par un porte-oculaire à crémaillère auquel on pouvait adapter divers châssis photographiques.

Dans l'oculaire, les images d'étoiles fournies par l'objectif étaient entourées, chaque soir, d'une auréole blanche, indice d'une forte aberration positive, mais ce défaut qui était dû à l'échauffement des verres par le Soleil, pendant la journée, s'atténuait rapidement et disparaissait totalement deux heures après le coucher du Soleil.

A travers un filtre jaune approprié qui supprime le spectre secondaire, les images intra-focales et extra-focales devenaient alors parfaitement identiques et restaient ainsi jusqu'à la fin de la nuit. L'objectif se montrait donc parfait.

L'instrument a été au point vers le 10 septembre et nous avons aussitôt commencé les observations.

Jusqu'au 28 septembre, date à laquelle j'ai dû quitter le Pic, il a fait beau toutes les nuits. Souvent le ciel, très nuageux pendant la journée, se découvrait au cours de la nuit et les nuages se reformaient au lever du Soleil.

Les images ont été, en général, assez agitées le soir et moins bonnes qu'en 1939, mais elles allaient en s'améliorant et devenaient toujours parfaites à partir de minuit, 1 h. ou 2 h. du matin. Dans l'oculaire, les détails avaient alors une netteté que je n'ai jamais connue ailleurs. De temps à autre, la planète subissait une légère ondulation et elle restait, en suite, immobile pendant plusieurs minutes.

L'aspect des surfaces planétaires était une véritable révélation, le grossissement 500 était nécessaire pour faire apparaître tous les détails fournis par l'objectif, ceux-ci étaient visibles d'une manière permanente.

Dans la deuxième partie de la nuit, lorsque les images avaient atteint leur stabilité parfaite, quatre planètes passaient successivement au méridien : Mars, Uranus, Saturne et Jupiter. Gentili observait en général le premier et faisait un dessin de Mars, ensuite Camichel photographiait les 4 planètes, enfin, nous passions tous les trois à tour de rôle devant l'oculaire pour dessiner, indépendamment, les satellites de Jupiter.

Observations visuelles de Mars. — La planète Mars est passée en opposition le 6 octobre, par 3° de déclinaison boréale. La latitude du Pic étant de 43° seulement, Mars s'élevait donc jusqu'à 50° de l'horizon et se présentait ainsi dans des conditions très favorables pour l'observation. De plus, sa distance à la Terre s'est abaissée jusqu'à 61 millions de km., valeur voisine du minimum, ce qui l'a fait apparaître sous un diamètre de 22",8. Mars a donc été l'objet de la plupart de nos observations visuelles et photographiques.

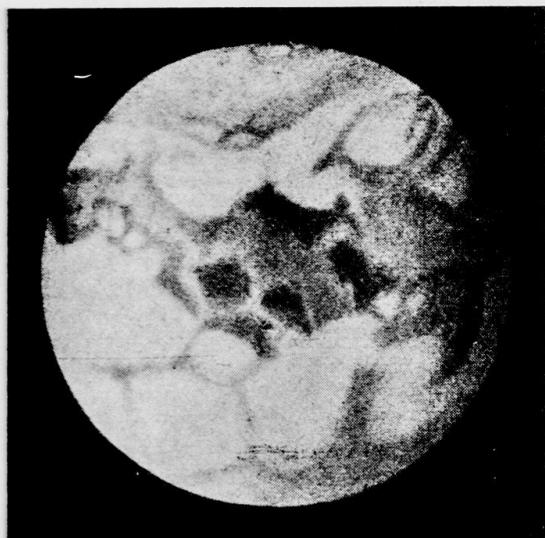
Toutes les observations de Mars, à l'oculaire du 38 cm, ont été faites avec le grossissement 500, à travers un filtre jaune qui supprimait le spectre secondaire de l'objectif. Ce verre qui éliminait le violet et presque tout le bleu, masquait en partie les couleurs de la planète mais, en revanche, il permettait de mieux voir les détails fins et légers. Tous les dessins ont été exécutés par Gentili tandis que Camichel et moi nous contentions de vérifier, à l'oculaire, certains points particuliers.

Voici quelques-uns des dessins de Gentili présentés par ordre chronologique. Ils ont été pris à peu près à la même heure, vers minuit au début, vers 22 h. à la fin et, comme Mars fait un peu moins de un tour en 24 h., il paraît tourner, d'un dessin au suivant, en sens inverse de son mouvement réel. Les longitudes correspondantes vont en décroissant.

Voici, fig. 21, le dessin du 16 septembre. La latitude du centre du disque est — 18°, la planète nous présente son pôle austral, c'est le commencement de l'été de l'hémisphère austral, la calotte polaire, déjà fortement réduite, est formée de 3 lobes ; celui de droite, nettement plus brillant, est séparé des deux autres par une ligne grise.

La longitude du centre est 70°. Un peu à droite du méridien central, nous voyons le lac du Soleil, une des régions les plus variables de Mars et, au-dessous, le lac Tithonius. Ces deux lacs sont assez pâles mais avec des traînées grises et des taches très sombres ; quelques-unes de ces taches, notamment Nectaris fons, Melas lacus et Noctis lacus se

montrent comme des objets noirs ponctuels entourés d'une ombre. Au limbe, à droite, on voit la partie la plus foncée de Mare Sirenum ; partant de là, une longue traînée grise descend vers le Nord et réunit quatre petits lacs dont le plus boréal est Lacus Asraeus. Un peu à gauche du méridien central, Aurorae sinus apparaît traversé par des bandes claires et sombres ; trois prolongements s'en échappent vers le Nord : à droite le canal Baethis, fin et foncé, aboutissant à la petite tache circulaire de Juventae fons toujours très noire et très évidente à cette opposition. A gauche Jamunae sinus, au



Dessins de Mars à l'opposition de 1941.

Fig. 21. — 16 septembre 23'0 à 0^h40 $\omega = 70^\circ$

Fig. 23. — 7 octobre 23',30 à 0^h20 $\omega = 233^\circ$

Fig. 22. — 22 septembre 23',30 à 0^h20 $\omega = 350^\circ$

Fig. 24. — 13 octobre 21',20 à 22^h30 $\omega = 160^\circ$

milieu un détail nouveau, c'est une ligne très légère terminée par une petite tache pour laquelle Gentili propose le nom de « Sapiientiae fons ».

Le 22 septembre à minuit, longitude du centre 350°, fig. 22. Le lac du Soleil, à droite, n'apparaît pas encore au limbe. On voit cependant déjà la tache noire de Juventae fons. Un peu plus à gauche la région claire de Chrysé avec deux objets nouveaux, ce sont deux lacs jumeaux prolongés vers le Sud par deux petits canaux, ils ont été observés en même temps à Meudon, par M. Servajean. Plus à gauche, Margaritifer sinus et au-dessous, Oxia Palus. Ensuite le long ruban de Sinus Sabæus très sombre, comme de coutume, surmonté à sa gauche par la mer du Serpent et aboutissant, à droite, à la baie du méridien, sombres également.

Cette baie est un des objets les plus constants de la planète, elle apparaît pourtant

sous un aspect nouveau vraiment surprenant. Gentili, n'en croyant pas ses yeux, se précipite dans ma chambre pour me réveiller. Nous montons aussitôt à la coupole et, sans être prévenu de ce que je devais voir, je reconnais, comme lui, que les deux pointes qui donnent à la baie du méridien l'aspect bien connu d'une tête de canard sont loin d'être identiques ainsi qu'on les représente d'habitude. Celle de gauche est légèrement tronquée, celle de droite est formée de deux lignes parallèles très fines terminées par deux petites taches sombres ; un point noir est visible à la base de la ligne de droite. On voit aussi s'échapper le canal Argus qui se dirige vers Oxia Palus et des traînées légères aux emplacements des canaux Euphrates, Hiddekel et Protonilus.

La calotte australe est bordée, à gauche, d'une tache sombre, sans doute Rima Australis.

Après une chute de neige et 8 jours de mauvais temps, voici Mars le 7 octobre avec la longitude du centre 233° , (fig. 23). L'aspect de la planète est très compliqué, encore plus que le dessin ne l'indique, nous en jugerons tout à l'heure d'après les photographies. La grande Syrte approche du bord droit, on reconnaît le lac Moeris suivi du lac Triton et du Toth très large. La petite Syrte, la mer Tyrrhénienne, la mer Cimmérienne découpée par des traînées claires et d'où s'échappe le Cyclope conduisant au pentagone d'Elysium dont un seul côté, le Cerbère, est intense.

On voit, à gauche, le golfe de Laestrygon, plus développé que de coutume, en forme de double crochet. Deux lignes grises s'en échappent vers la gauche et délimitent les îles Symplegades. Plus au Sud, les régions claires d'Hellas, Chersonesus et Ausonia séparées par les traînées grises de Xanthus et de Scamander, limitées au Sud par Mare Chronium.

Voici enfin, fig. 24, Mars le 13 octobre avec, au centre, la longitude 160° . La mer des Sirènes est au méridien central, elle est surmontée par un point très noir, sans doute Caralis fons ; vers le Nord s'en échappe une ombre correspondant au canal Titan. On reconnaît de nouveau, au bord gauche, lacus Solis et lacus Tithonius.

Les détails que nous venons de voir figurent sur un planisphère que Gentili a dessiné d'après l'ensemble de ses observations, mais que nous ne reproduisons pas faute de place. La plupart de ces détails souvent très délicats ont été confirmés, comme nous le verrons tout à l'heure, par les photographies de Camichel sur lesquelles ils apparaissent avec un aspect parfois un peu différent, notamment les canaux de Mare Chronium et de Depressiones Aoniae qui se résolvent en un grand nombre de petits lacs.

Observations visuelles des satellites de Jupiter. — Au mois de septembre, 3 mois avant son opposition, la planète géante passait au méridien à la fin de la nuit, au moment où les images étaient les plus calmes, par 22° de déclinaison boréale et, par conséquent, à 69° de l'horizon. Elle se présentait donc dans des conditions très favorables et, malgré sa distance de 700 millions de kilomètres, elle offrait déjà un disque de $38''$. Étant donné la richesse des détails que l'on voyait sur Jupiter et la rapidité avec laquelle ils étaient emportés par la rotation de la planète, nous avons renoncé à en prendre des dessins, laissant à la photographie le soin de les enregistrer. En revanche, nous avons observé et dessiné régulièrement les 4 principaux satellites.

Avec le grossissement 500 employé pour toutes les observations de Mars, les 4 satellites apparaissaient comme des disques à bords très tranchés et chacun d'eux pouvait être identifié très facilement d'après son diamètre, son éclat et sa teinte. Europe, le plus petit, se montrait blanc et très brillant. Io, notablement plus gros qu'Europe, était plus pâle et de teinte jaunâtre. Callisto, beaucoup plus gros qu'Io, avait un éclat très faible et une teinte marron foncé. Ganymède, comparable à Io pour sa teinte et son éclat, surpassait tous les autres satellites en diamètre.

Avec le grossissement 500, on voyait des taches sur Ganymède et sur Callisto. Le grossissement 900 permettait de mieux les distinguer, il diminuait la fatigue de l'œil et atténuait beaucoup les illusions d'optique fréquentes sur les petits disques ; il montrait, de plus, des taches sur les deux autres satellites, Io et Europe ; ce grossissement a été employé presque exclusivement.

Chaque jour, vers 5 h. du matin, à partir du 12 septembre, chacun de nous a dessiné Ganymède et Callisto et, à partir du 18 septembre, les 4 satellites. Nous avons soin de ne jamais dire ce que nous avons vu et de ne pas nous communiquer nos dessins avant la fin des observations ; nous ignorions également les longitudes des satellites dans leurs orbites.

J'ai quitté le Pic du Midi à la fin de septembre. Après une semaine de mauvais temps qui dura du 1^{er} au 8 octobre, Camichel et Gentili ont repris les observations jusqu'au 22 octobre, date à laquelle ils ont dû se séparer de l'objectif sur la demande de l'Observatoire de Toulouse.

Du 12 septembre au 22 octobre, il y a eu 27 nuits favorables pendant lesquelles 245 dessins ont été exécutés. La place nous manque pour publier tous ces documents, nous reproduisons seulement un dessin par nuit ; chaque dessin est orienté de manière

que le pôle Sud de l'écliptique soit en haut et le pôle Nord en bas, il est accompagné de 2 chiffres indiquant la date de l'observation (S pour septembre, O pour octobre) ainsi que la longitude correspondante du satellite dans son orbite comptée 0° au milieu de son passage derrière Jupiter, 90° à son élongation maximum orientale, 180° au milieu de son passage devant Jupiter et 270° à son élongation maximum occidentale. Les dessins sont rangés dans l'ordre des longitudes croissantes, les chiffres qui les accompagnent sont soulignés d'un trait plein, d'un trait en pointillé ou ne sont pas soulignés suivant que le dessin correspondant résume ceux des trois observateurs, de deux ou d'un seul.

Io. — La fig. 25 résume les observations d'Io. Les deux dessins du 11 septembre de longitude 18° , celui du 18 octobre, de longitude 24° et les trois du 18 septembre de longitude 35° s'accordent pour montrer Io clair à droite avec le côté gauche fortement ombré. Celui de 45° est douteux, mais les trois dessins de longitude 66° mettent en évidence un nouveau détail, une bande sombre Nord-Sud qui passe au méridien central

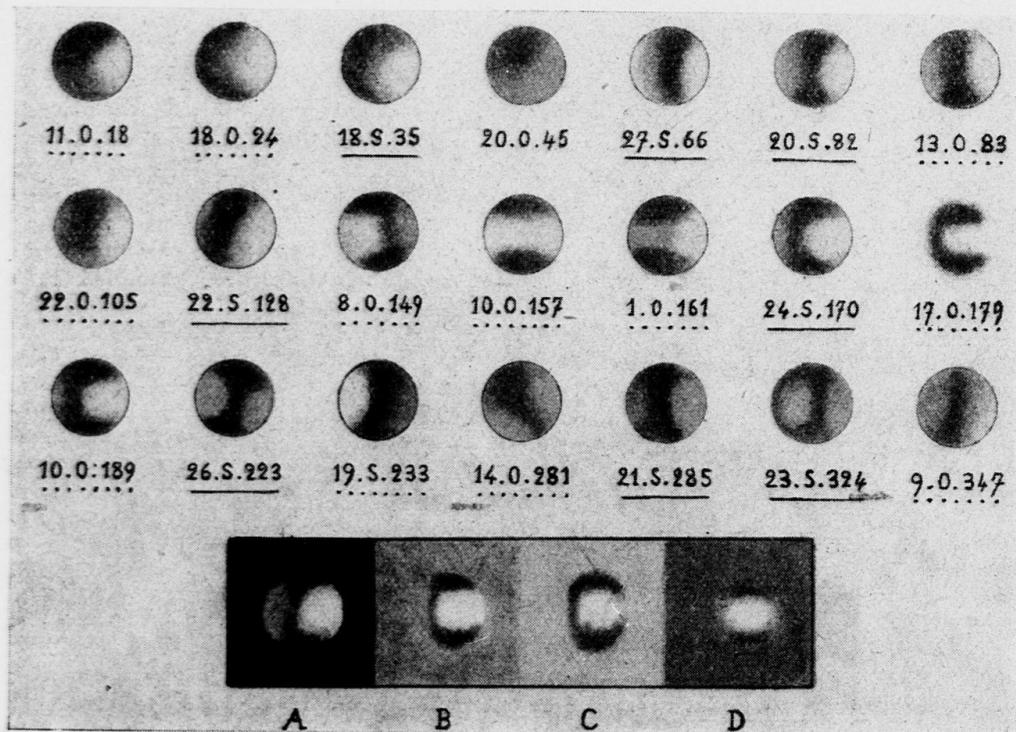


Fig. 25. — Dessins d'Io dans l'ordre des longitudes croissantes. Passage d'Io du 24 septembre 1941.

pour 82° et ombre le côté gauche d'Io pour 105° et 128° . Pour 149° et pour les longitudes suivantes, les dessins montrent les pôles d'Io particulièrement sombres avec une nouvelle bande grise Nord-Sud qui paraît passer au méridien central vers 150° ; les dessins de 170° à 179° la représentent 30° environ à gauche du méridien central. Les longitudes 223° et 233° montrent une ombre étendue du côté droit et qui paraît occuper le centre pour 281° et 285° tandis qu'à 285° arrive, par la droite, une tache claire, sans doute celle que l'on voit à gauche du méridien central pour 324° .

Des apparences très curieuses ont été observées lors des passages d'Io devant le disque de Jupiter, notamment pendant celui du 24 septembre. A 4 h. 25, juste avant le passage (A), on voit une tache claire à droite et une bande sombre Nord Sud un peu à gauche du centre. A 4 h. 35 (B), le satellite se projette sur Jupiter, près du bord, sur un fond sombre, la partie gauche d'Io a disparu. A 4 h. 45 (C), sur un fond plus clair, le bord droit disparaît à son tour et Io affecte la forme de la lettre C; la bande verticale est faible, les pôles sont plus foncés; les trois observateurs représentent le pôle supérieur Sud un peu plus sombre et un peu plus petit que l'autre. A partir de 5 h. 30, environ, on ne voit plus que les deux pôles sombres. A 6 h. 10 (D), Io s'approche du terminateur de Jupiter, le fond s'assombrit rapidement et les deux pôles disparaissent complètement; le satellite, réduit à sa tache blanche elliptique, est très petit. A 6 h. 20, il grossit à vue d'œil et, quelques minutes avant la fin du passage, il a repris le diamètre qu'il possède sur le fond du ciel.

La concordance des dessins faits indépendamment par les trois observateurs montre que l'on peut avoir confiance dans les résultats obtenus malgré le petit diamètre de

satellite, 1'',2. La ressemblance des dessins de longitudes voisines pris à des époques différentes et le déplacement des deux bandes sombres les plus nettes prouvent qu'Io tourne sur lui-même autour d'un axe orienté à peu près perpendiculairement au plan de son orbite et que sa durée de rotation est voisine de celle de sa révolution autour de Jupiter.

Le mouvement des taches n'apparaît pas très nettement mais il ne faut pas s'en donner car, en dehors des passages, celles-ci ne sont visibles correctement que vers le centre du disque ; près des bords, la diffraction les déforme et altère fortement leurs positions. Pour interpréter l'ensemble des dessins, on ne doit pas, en effet, perdre de vue le fait que le satellite a un diamètre seulement 4 fois supérieur au pouvoir séparateur de l'objectif de 38 cm. et qu'une tache située à 30° du point central a, par conséquent, son centre à 0'',27 du bord, distance égale au pouvoir séparateur ; elle paraîtra donc, en général, s'étendre jusqu'au bord.

Europe. — Les observations d'Europe sont résumées, de même, par les dessins de la fig. 26. A l'inverse d'Io, ce satellite apparaît avec les pôles clairs et l'équateur sombre. Pour les longitudes 10° et 21°, la partie gauche est occupée par une tache foncée

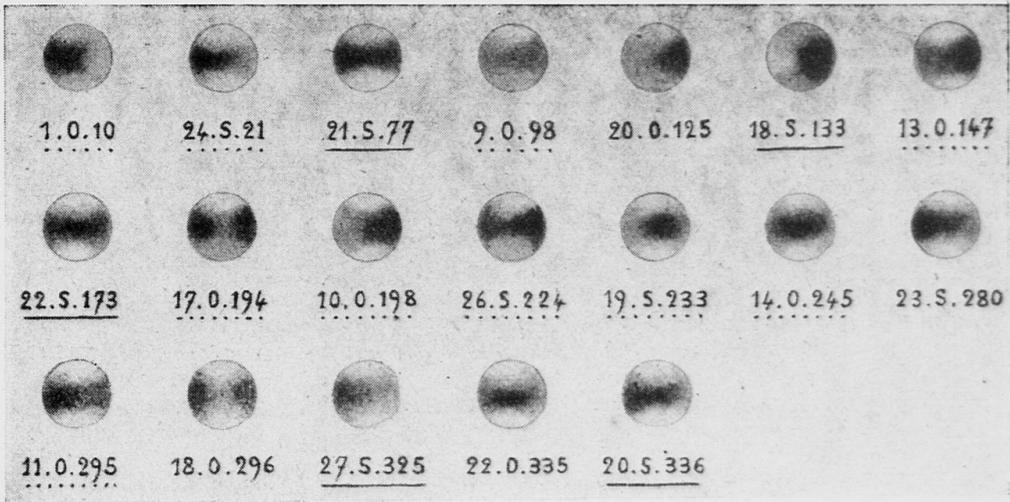


Fig. 26. — Dessins d'Europe, dans l'ordre des longitudes croissantes.

allongée Est-Ouest ; à 77° cette tache a disparu et aucune dissymétrie certaine n'apparaît. A 98°, 125°, 133° et 147°, le côté droit est plus foncé que le gauche ; à 173° l'ombre est au centre, sous forme d'une tache foncée allongée Est-Ouest. A 194° une autre ombre apparaît à droite, à 198° et surtout à 224° le côté droit est ombré, à 233° et à 245° cette ombre est au centre, à 280° et à 295° elle occupe le côté gauche. A 335° et à 336° on voit, au centre, la tache foncée qui apparaît ensuite à gauche pour 10° et 21°.

La similitude des dessins de longitudes voisines n'est peut-être pas aussi nette que pour Io ; les observations sont, en effet, très peu précises à cause de la petitesse du disque d'Europe qui mesure à peine 1'', soit trois fois et demi le pouvoir séparateur de l'instrument. L'ensemble des observations est, cependant, nettement en faveur d'une rotation s'effectuant, comme pour Io, autour d'un axe à peu près perpendiculaire au plan de l'orbite, dans un temps à peu près égal à celui d'une révolution autour de Jupiter.

Ganymède. — Les observations de Ganymède, plus nombreuses, sont résumées par la fig. 27. Pour les longitudes 3° et 11° on voit deux taches sombres au Sud et une au Nord, à 19° la plus forte des trois est seule visible. A 61° et pour les longitudes suivantes, le pôle Nord est occupé par une calotte brillante ; vers 111° cette tache blanche atteint son maximum d'éclat. A 170° et 180° sa partie gauche n'est plus visible tandis que, vers 200°, elle s'étend plus à droite pour disparaître ensuite ; entre 200° et 320° elle reste invisible. Une autre tache claire beaucoup plus faible apparaît au pôle Sud, principalement entre 239° et 320°.

Au Nord, à 61°, une tache sombre très évidente apparaît à gauche du méridien central, pour 67° et 71° elle se déplace vers la gauche, à 87° elle atteint le bord et à 111° elle disparaît. A 87°, une tache de même latitude mais beaucoup plus foncée apparaît à droite ; pour les longitudes 111°, 120°, 138°, 157° et 170°, elle se déplace vers la gauche ; à 180° elle atteint le bord gauche et disparaît ensuite. Son passage au méridien central

a lieu vers 132° . Cette tache est accompagnée, dans l'hémisphère Sud d'une tache moins sombre, qui tourne avec elle, bien visible pour les longitudes 111° , 120° , 138° et 157° et dont le passage au méridien central a dû avoir lieu vers 148° .

Pour les longitudes supérieures à 180° , aucune tache évidente n'a été observée, on voit en général, dans chaque hémisphère, une bande grise de latitude moyenne. L'une ou l'autre de ces deux bandes semble parfois interrompue en son milieu pour former deux taches.

La similitude des dessins de longitudes voisines et le déplacement très net des taches principales prouvent que Ganymède tourne sur lui-même, autour d'un axe sensiblement perpendiculaire au plan de son orbite et avec une durée de rotation presque égale à sa durée de révolution.

Un phénomène curieux apparaît : pour tous les dessins de longitudes consécutives 312° , 320° , 342° , 343° , 3° , 11° et 19° , le bord droit, le levant, est occupé par une vive blancheur. Cette blancheur ne semble pas participer à la rotation, aucun dessin ne la montre à gauche ou au centre. Serait-ce un dépôt de matière très volatile que le rayonnement solaire ferait disparaître ?

Callisto. — Comme le montrent les dessins de la fig. 28, le quatrième satellite ne paraît posséder aucune tache très nette permettant de mettre sa rotation en évidence, cependant on remarque, au pôle Sud, une calotte blanche assez petite et brillante pour les longitudes inférieures à 130° , un peu plus grande et plus faible pour les longitudes supérieures. Près du pôle Nord, une petite tache blanche apparaît à droite vers 92° et se déplace lentement vers la gauche ; elle semble passer au méridien central vers 146° et disparaître vers 254° , elle est suivie d'une autre tache blanche plus faible qui apparaît vers 146° , passe au méridien vers 220° et disparaît vers 320° .

De plus, le satellite paraît traversé, comme Ganymède, par deux bandes légères situées de part et d'autre de l'équateur. Ces bandes semblent souvent interrompues, de préférence près du méridien central mais cette interruption, qui n'est jamais évidente, pourrait être le fait d'une illusion d'optique. Le côté droit du disque est plus clair que le gauche de 7° à 52° , l'inverse a lieu de 103° à 136° . Le côté droit est, de nouveau, un peu plus clair que le gauche, de 211° à 254° .

La similitude des dessins de longitudes voisines, beaucoup moins satisfaisante que pour Ganymède à cause de la faiblesse des détails, suffit cependant à montrer que Callisto tourne, comme les autres satellites, dans un temps à peu près égal à sa durée de révolution.

Planisphères des satellites. — Nous voyons, fig. 29, de petits planisphères qui montrent les principaux traits des quatre satellites ; ils ont été construits en représentant les degrés de longitude et de latitude par des longueurs égales.

Io apparaît avec les pôles sombres et quelques taches claires à l'équateur, séparées par des bandes sombres Nord-Sud dont deux sont assez foncées. Europe, avec les pôles clairs et les régions équatoriales sombres, pourvu de trois taches sombres à l'équateur. Ganymède, avec deux taches blanches un peu excentrées près des pôles, la plus grande près du pôle boréal et deux bandes sombres parallèles à l'équateur, sur lesquelles on voit quatre condensations certaines dont une particulièrement foncée. Callisto, analogue à Ganymède, avec une petite calotte blanche au pôle Sud et de petites taches claires près du pôle Nord, dont une assez brillante, mais sans aucune tache sombre de longitude définie.

Observations antérieures. — Lorsque nous avons fait les observations des satellites de Jupiter, sur lesquelles sont basés ces planisphères, nous connaissions uniquement l'aspect de Ganymède pendant ses passages ; nous ignorions complètement les travaux qui avaient été effectués auparavant sur les autres satellites et, par conséquent, ceux-ci n'ont pu avoir aucune influence sur les résultats que nous venons d'exposer.

Examinons maintenant, très brièvement, ce que l'on savait alors sur les taches de ces petits astres.

Des taches avaient été vues d'une manière certaine sur les trois premiers satellites seulement et presque exclusivement pendant leurs passages devant Jupiter. Le fond clair de la planète atténua alors beaucoup le contraste des bords des petits disques et facilita ainsi l'observation des détails de leurs surfaces. Voici les principales observations faites pendant les passages.

En 1888, Holden découvrit, avec le réfracteur de 36 pouces de Lick, que Io avait deux ombres, une au Nord et une au Sud et qu'il apparaissait ainsi comme une masse brillante dont le grand axe, parallèle à l'équateur de Jupiter, valait une fois et demie le petit axe. Deux ans après, Barnard, avec le 12 pouces de Lick, vit le premier satellite sous l'aspect de deux taches grises circulaires, la tache Nord étant la plus grande ; Burnham confirma cette observation. L'année suivante, Io apparut à Barnard dans le 36 pouces, comme une tache brillante ovale, allongée du Sud-Ouest au Nord-Est et qui

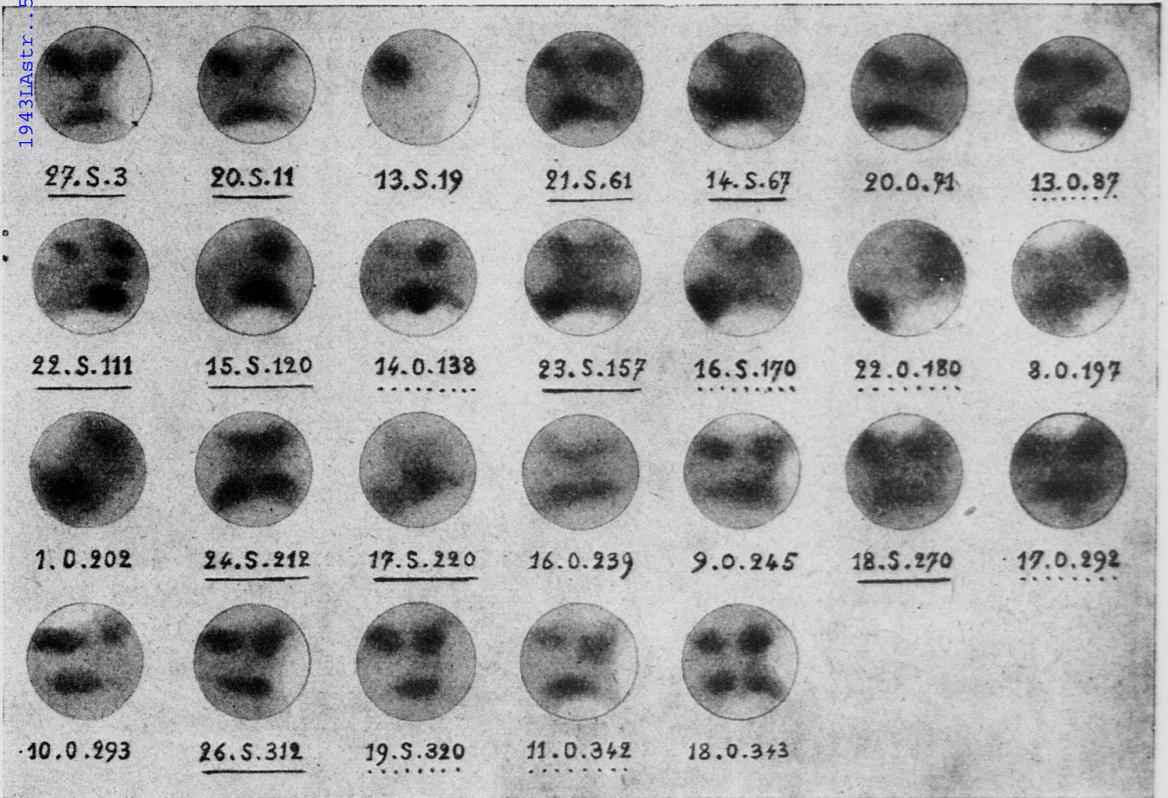


Fig. 27. — Dessins de Ganymède, dans l'ordre des longitudes croissantes.

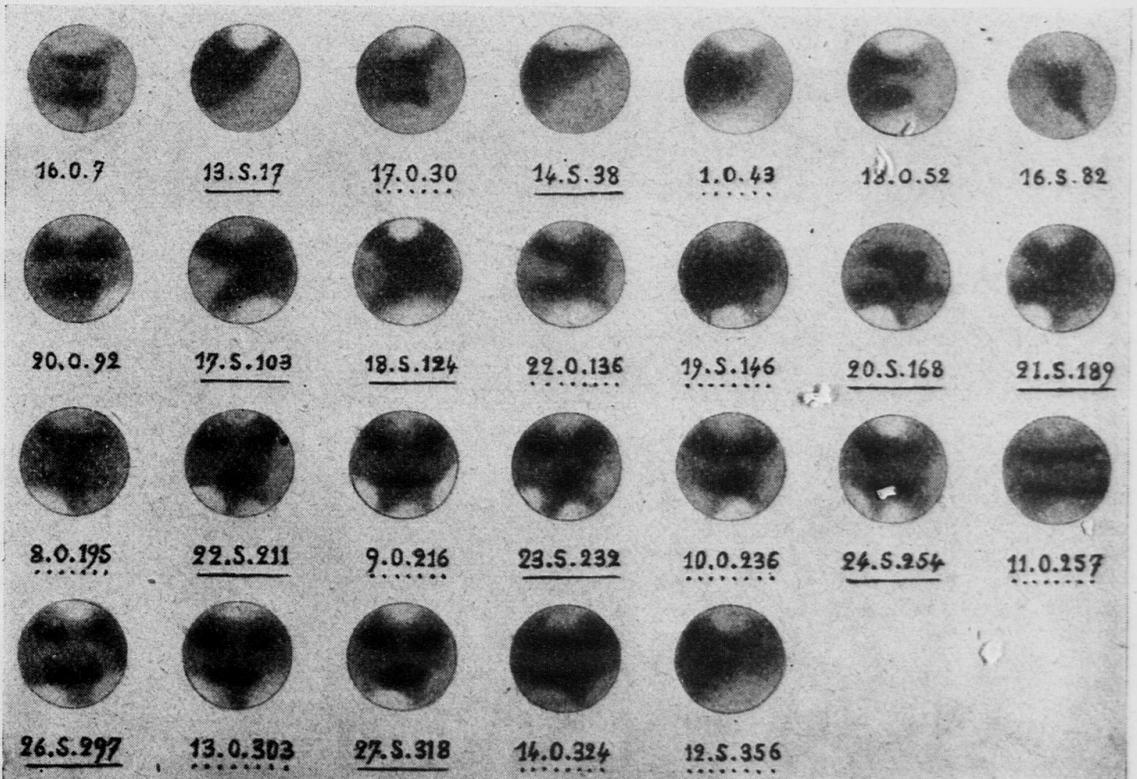


Fig. 28. — Dessins de Callisto, dans l'ordre des longitudes croissantes.

était double, le segment le plus petit étant à l'Ouest. En 1893, il remarqua les deux ombres, au Nord et au Sud, trouvant, comme Holden, celle du Nord la plus étendue. Cet aspect fut confirmé en 1926 et en 1927, à Meudon, par Antoniadi.

Ces résultats coïncident dans tous leurs détails avec les nôtres, une légère incertitude subsiste seulement pour l'orientation de la zone claire équatoriale.

Sur Europe, aucune tache n'avait été vue avec certitude avant l'année 1927. Antoniadi découvrit alors, pendant le passage du 28 septembre, une tache sombre située un peu au-dessus du centre et légèrement allongée dans le sens Est-Ouest⁽¹⁾. Parmi les trois taches qui figurent sur notre planisphère, celle de longitude 173°, bien qu'étant sur l'équateur, lui correspond assez exactement.

Sur Ganymède, pendant ses passages, de nombreux observateurs s'accordent pour représenter deux taches, la plus foncée au Nord-Ouest, l'autre, plus pâle, à l'Est. Une tache claire a été vue parfois au Sud, tantôt un peu à l'Est, tantôt un peu à l'Ouest du

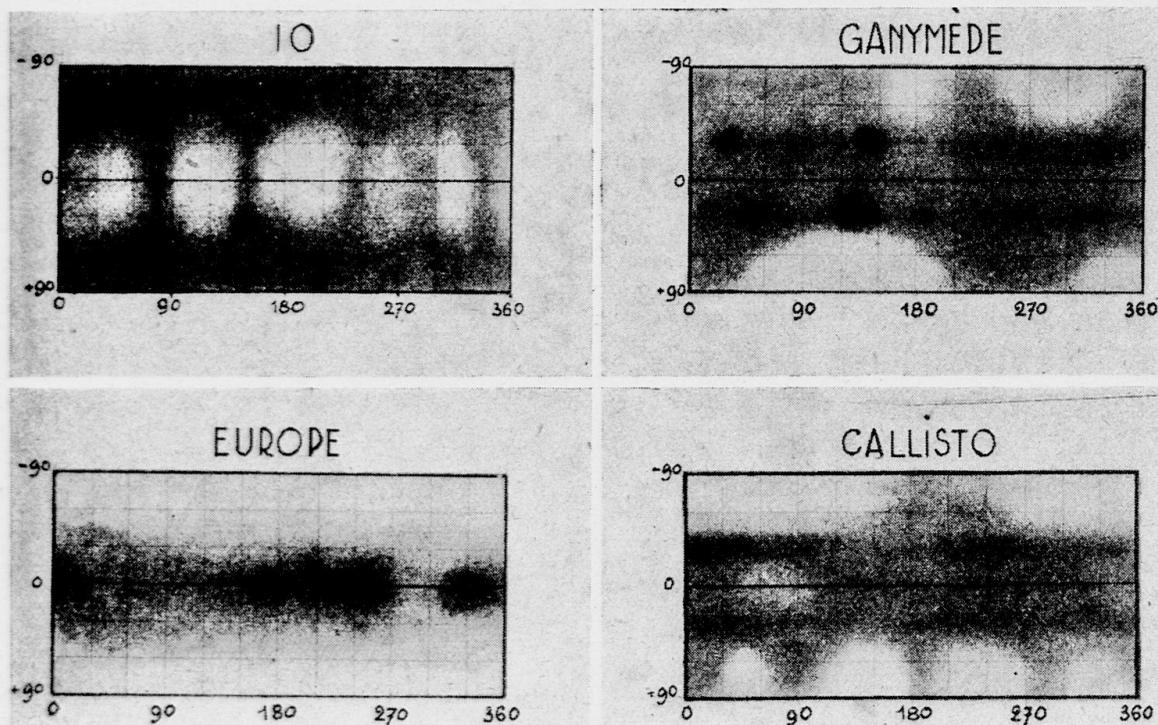


Fig. 29. — Planisphères des satellites de Jupiter.

méridien central. La tache Nord-Ouest correspond au détail le plus foncé et le plus frappant du satellite sur tous nos dessins de 87° à 180°. La blancheur Sud apparaît sur ceux de longitudes 170°, 197° et 202°.

Sur Callisto, aucun détail certain n'avait été observé, ce satellite se projette devant Jupiter comme un disque de teinte très foncée et uniforme.

En dehors des passages, les bonnes observations des satellites de Jupiter sont rares. Une seule série importante de dessins de longitudes diverses avait été effectuée, en 1894, à l'Observatoire Lowell, par William H. PICKERING⁽²⁾; ces dessins montrent de nombreux détails sur les 4 satellites, mais les configurations qu'ils enregistrent changent d'un moment à l'autre, dans le cours d'une même nuit, et il paraît, au premier abord, difficile d'en déduire les aspects moyens des satellites. L'auteur semble, en effet, avoir dessiné successivement, en leur donnant une forme précise, les apparences fugitives dont l'œil est toujours l'objet sur des disques aussi petits, c'est pourquoi la valeur de ses observations a été généralement très contestée.

Pourtant si l'on admet, comme nos observations paraissent le démontrer, que les satellites présentent toujours la même face à la planète, on peut calculer, d'après les dessins de Pickering, les longitudes des principales taches ou bandes qu'il a observées. Nous avons fait ce calcul tout dernièrement et trouvé des résultats remarquablement concordants.

⁽¹⁾ Ces renseignements sont extraits d'un article de ANTONIADI : *The Journal of the R. A. S. of Canada*, vol. 33 septembre 1939, p. 273.

⁽²⁾ *Annals of the Lowell Observatory*. Vol. II.

Sur Io, par exemple, Pickering a représenté principalement 4 bandes sombres irrégulières, de direction moyenne environ Nord-Sud dont voici les longitudes et les erreurs probables correspondantes :

- sur 4 dessins du 3 novembre ; longitude $84^{\circ} \pm 3$,
- sur 6 dessins du 13 novembre ; longitude $158^{\circ} \pm 6$
- sur 11 dessins du 26 novembre ; longitude $254^{\circ} \pm 7$,
- sur 6 dessins du 4 octobre ; longitude $282^{\circ} \pm 4$.

Ces détails correspondent aux deux bandes fortes et aux deux bandes faibles visibles sur notre planisphère, aux longitudes 80° , 152° , 240° et 285° . De plus, l'auteur a dessiné fréquemment les pôles d'Io ombrés et une bande claire ou des taches claires à l'équateur et le satellite lui a paru presque toujours allongé suivant son diamètre équatorial. En revanche, il a calculé, d'après ses mesures d'ellipticité, une rotation du satellite sur lui-même en $13^{\text{h}}3^{\text{m}}9^{\text{s}},3$. Ses dessins ne confirment pas ce résultat mais, bien au contraire, l'accord de nos longitudes avec les siennes au bout de 47 ans établit avec précision l'égalité des durées de rotation et de révolution.

Sur Europe, les dessins de Pickering sont moins nombreux ; ils montrent souvent une tache sombre près de l'équateur, plus ou moins allongée dans le plan équatorial, pour les longitudes 62° et 64° , 166° à 171° , 304° à 314° , 8° et 11° . Sur notre planisphère, la première et la troisième correspondent seulement à la zone sombre équatoriale, la deuxième et la quatrième pourraient être les taches 170° et 360° .

Pickering a représenté fréquemment des taches blanches vers les pôles d'Europe et ce satellite presque toujours allongé suivant la ligne des pôles. Ses mesures d'ellipticité lui ont donné une durée de rotation de $41^{\text{h}}24^{\text{m}}$ ou du double, $82^{\text{h}}48^{\text{m}}$; cette dernière valeur est peu inférieure à la durée de révolution.

Sur Ganymède, les dessins de Pickering montrent, dans l'hémisphère Sud, vers le 30° degré de latitude, deux taches sombres de forme irrégulière et variable. L'une, dessinée 15 fois pendant 5 nuits à la longitude $56^{\circ} \pm 3$, l'autre représentée 19 fois pendant 7 nuits, à la longitude $136^{\circ} \pm 3$. Elles correspondent aux deux taches principales de notre planisphère, de longitudes 50° et 132° . Dans l'hémisphère Sud au contraire, les taches dessinées par Pickering apparaissent à des longitudes très variées, ne s'accordant pas entre elles.

L'auteur a représenté également deux bandes grises situées de part et d'autre de l'équateur. De plus 12 de ses dessins correspondant à des longitudes comprises entre 294° et 49° , montrent au bord droit de Ganymède, une blancheur analogue à celle que nous avons observée. L'auteur a représenté fréquemment les pôles clairs et presque toujours le satellite allongé suivant l'axe polaire. Il a trouvé, comme nous, une durée de rotation égale au temps de révolution ; la concordance des longitudes au bout de 47 ans confirme cette égalité d'une manière très précise.

Sur Callisto, les dessins de Pickering, moins nombreux, montrent en général des blancheurs aux pôles et une ou deux bandes sombres plus ou moins larges dans la région équatoriale avec quelques légers détails qui ne correspondent pas à ceux que nous avons observés. Ils représentent le satellite allongé suivant la ligne des pôles et leur auteur conclut, comme nous, à une durée de rotation égale à celle de la révolution.

En résumé, les dessins de Pickering, malgré leur aspect peu conforme à ce que l'on voit dans la lunette sont, dans leur ensemble, surtout pour Io et Ganymède, remarquablement confirmés par les observations que nous avons effectuées tout à fait indépendamment. Il est intéressant de noter que ces dessins ont été pris avec une lunette de 45 cm. d'ouverture seulement mais à 2 300 m. d'altitude.

Les observateurs situés en plaine ont vu la calotte blanche de Ganymède près du pôle boréal, lorsque le satellite était à l'Est de Jupiter, parfois bordée d'une zone sombre. Sur Callisto, un point brillant avait été signalé par Fournier, près du pôle boréal, le 20 avril 1920.

Efficacité des grands instruments pour l'étude des planètes. — Les observations visuelles effectuées au Pic du Midi, principalement celles des taches des satellites de Jupiter en dehors des passages, taches qui sont presque toutes invisibles en plaine, même dans les plus grands instruments, confirment le fait que nous avons énoncé au début de cette conférence : les grands réfracteurs tels que la lunette de 83 cm. de Meudon et celle de 91 cm. de Lick qui paraissent avoir été, jusqu'à maintenant, les instruments les mieux adaptés à l'étude des planètes, ont cependant, pour l'observation des détails planétaires, par les meilleures nuits, une efficacité inférieure à celle dont nous avons bénéficié journellement avec la lunette de 38 cm. placée au Pic du Midi. On peut estimer, sans exagération, leur efficacité maximum pour les planètes équivalente, au plus, à celle d'une lunette de 30 cm. d'ouverture environ, supposée placée dans des conditions parfaites. Les observations photographiques exposées plus loin, celles de Mars en particulier, conduisent à une conclusion analogue.

Comment comprendre alors que les grands réfracteurs séparent des couples d'étoiles serrées à moins de $0'',2$ et dont la distance est, par conséquent, inférieure à la moitié

de la limite que nous leur assignons sur les planètes ? Il faut, pour cela, tenir compte du fait que la portion de l'onde lumineuse d'une étoile reçue par un grand instrument, n'est jamais plane en tous ses points. Des éléments inaltérés de cette onde viennent, par instant, se concentrer au foyer ; ils forment alors une tache lumineuse dont le diamètre peut s'abaisser jusqu'à égaler celui de la tache de diffraction théorique. Les autres portions de l'onde, celles qui sont diffractées et celles qui sont déformées par l'atmosphère terrestre, donnent naissance à une petite auréole lumineuse autour de l'étoile. Cette auréole contient la majeure partie de la lumière, cependant elle n'empêche pas de séparer deux étoiles très serrées lorsque les centres de leurs images sont bien piqués.

Il n'en est pas de même sur un fin détail planétaire, les auréoles des points voisins le recouvrent et le font disparaître. Pour rester visible, il devra avoir des dimensions beaucoup plus grandes que celles qui correspondraient au pouvoir séparateur de l'instrument sur des étoiles.

Sur les planètes, le pouvoir séparateur n'est plus égal au diamètre de la tache centrale, mais à un diamètre compris entre celui de cette tache et celui de l'auréole. Pour les objets très faibles qu'une légère perte de contraste suffirait pour faire disparaître, c'est même le diamètre extérieur de l'auréole qu'il faut considérer.

(à suivre)

BERNARD LYOT,
Membre de l'Institut.

L'ACTIVITÉ SOLAIRE

LA CHROMOSPHERE ET LES TACHES PENDANT LA ROTATION N° 1194 (1)

13 décembre 1942, 7,1 heures (T. U.) — 9 janvier 1943, 15,0 heures
d'après les observations effectuées au spectrohéliographe de l'Observatoire de Meudon.

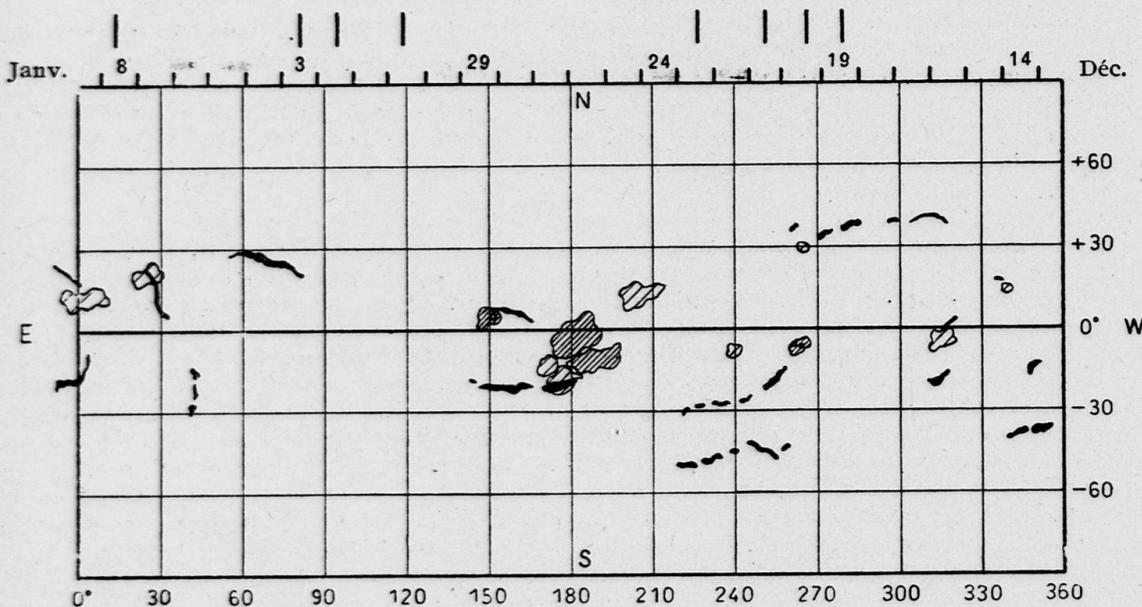


Fig. 30. — Carte-planisphère des taches, des plages faculaires et des filaments principaux.

Les taches sont figurées par de petits cercles dont le diamètre est proportionnel à leur importance. Les plages faculaires, dont les contours moyens sont indiqués en traits pleins, sont recouvertes de hachures, d'autant plus serrées que la densité et l'éclat des plages sont plus grands. Les filaments sont représentés par des traits noirs épais qui marquent grossièrement leur aspect moyen.

Aucune protubérance importante n'a été observée au cours de la rotation.

MARGUERITE D'AZAMBUJA,
Observatoire de Meudon.

(1) Voir, pour l'explication détaillée des conventions adoptées : *L'Astronomie*, numéro de janvier 1942, p. 16.