

Zeitschrift: Annuaire de l'instruction publique en Suisse

Band: 1 (1910)

Artikel: Revue astronomique

Autor: Maillard, Louis

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-109046>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 13.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Revue astronomique.

Dans une revue astronomique succincte et superficielle, il est impossible de relever tous les faits enregistrés, toutes les hypothèses émises, fût-ce au cours d'une seule année. Il faut choisir; et c'est pourquoi nous nous bornerons à rappeler les principaux progrès réalisés depuis peu dans la connaissance du système solaire. Ce n'est pas que ce système ait une importance spéciale, rapporté à l'Univers entier; il nous intéresse tout de même essentiellement, êtres minuscules et pensants dont les destinées sont suspendues aux rayons de l'étoile jaune autour de laquelle vont gravitant les planètes et les comètes.

Le Soleil.

Depuis quelque vingt ans, l'étude de la physique solaire est devenue de plus en plus attentive, continue et féconde. Jadis, l'activité des observatoires s'éparpillait un peu à l'aventure; aujourd'hui, on nous a changé tout cela. Sur l'initiative de l'un des plus grands astronomes observateurs du temps présent, M. Hale, l'*Union internationale des recherches solaires* a été fondée (1904) en vue d'organiser et de systématiser la coopération des astrophysiciens.

Cette Union a tenu des congrès à Saint-Louis, Oxford et Meudon; un quatrième congrès est convoqué pour l'automne prochain, au Mont-Wilson (Californie). C'est là que M. Hale a construit, à 2400 mètres d'altitude, son troisième observatoire, dans des conditions uniques, tant pour la pureté de l'atmosphère que pour la puissance des instruments.

Sous la direction énergique de M. Deslandres, successeur de Janssen (1824-1907), l'observatoire de Meudon a complété et

perfectionné ses installations, dans un ancien palais de Napoléon III, consacré par la République au service d'Uranie. Sur les cinq continents, des instituts d'astrophysique, de plus en plus nombreux, se sont spécialisés dans l'étude du Soleil; parmi eux, notre observatoire de Zurich, qui fournit chaque année, grâce au zèle inlassable de son savant et modeste directeur, M. le professeur Wolfer, une riche moisson de faits, et notamment un relevé des taches et des facules solaires¹.

Les conquêtes récentes de l'astrophysique sont dues surtout à l'application toujours mieux adaptée de l'analyse spectrale et de la photographie; les deux méthodes se complètent: les plaques sensibles enregistrent le spectre solaire, des rayons rouges jusqu'aux ultraviolets. — Dans un spectroscope, les rayons lumineux traversent une fente étroite et tombent sur une lentille; à leur sortie, ils traversent un prisme (ou plusieurs) dont l'arête est parallèle à la fente: les rayons, divergently refractés, donnent naissance à un spectre, observable au moyen d'un oculaire. Si l'on remplace l'oculaire par une seconde fente étroite, tout près de laquelle on dispose une plaque photographique, on a un spectrographe. En faisant coïncider une raie déterminée du spectre solaire avec la seconde fente, et imprimant à l'appareil une rotation très lente autour de son centre optique, on obtient une image monochromatique de la chromosphère, dans la partie projetée sur le disque aussi bien que dans la partie visible sur les bords.

Les premières recherches de cet ordre se rapportèrent aux gaz et aux vapeurs répandus à la surface du Soleil. C'est ainsi que M. Hale obtint de belles images monochromatiques de l'hydrogène sur le globe entier². — Il restait à reconnaître les particules solides en suspension dans la chromosphère. On y est parvenu à Meudon, où l'on a pu recueillir les premières

¹ Noblesse oblige! On se souvient que la périodicité des taches du Soleil fut solidement établie par le fondateur de l'observatoire fédéral, Rodolphe Wolf, le père de l'astronomie en Suisse, après un de ces labours de bénédictin dont il était coutumier.

² Au Mont-Wilson, on dispose d'un grand miroir tournant perché au sommet d'une tour métallique de 20 mètres, et d'un spectrohéliographe enfoui à 10 mètres de profondeur. Il y aura mieux: une tour de 50 mètres et un puits de 25 mètres, avec des instruments dans les grandes dimensions et les grands prix. Les milliardaires américains, dont on dit tant de mal, ont du bon quelquefois.

images des *flocculi*, nuages brillants de la couche supérieure du calcium. Actuellement, dans cet observatoire on possède des clichés de la couche supérieure pour 20 rotations avec le calcium, pour 14 avec l'hydrogène ; et les épreuves, prises aux mêmes époques, d'un spectro-enregistreur des mouvements radiaux des vapeurs solaires.

Depuis 1908, M. Deslandres a observé des lignes noires, souvent très longues ; ce sont les *filaments*, qui se montrent de préférence dans les régions où manquent les taches et les facules ; ils se modifient et disparaissent bientôt dans le voisinage des taches très actives. Les filaments révèlent des mouvements tourbillonnaires, dont l'axe serait tangent à la surface, et qui affecteraient les couches supérieures des vapeurs d'hydrogène. Dans leur voisinage, comme dans le voisinage des facules, apparaissent les protubérances d'hydrogène, tandis que les protubérances métalliques sont en rapport intime avec les taches. D'autre part, les filaments se rattachent à des *alignements*, moins foncés, qui dessinent dans la couche supérieure du calcium un véritable réseau.

Quant à la périodicité des taches, elle est confirmée par toutes les observations récentes, sans qu'il soit possible encore d'en indiquer la cause déterminante¹.

En 1909, comme la théorie le laissait prévoir, l'activité solaire a été décroissante. Fait exceptionnel : un groupe de taches a persisté pendant près de six mois (novembre 1908 à avril 1909). Un groupe de taches observé le 17 septembre 1908 a été masqué par des nuages de calcium ; le 24, ces nuages prenaient une structure cyclonique, et un orage magnétique s'ensuivait, sur la Terre, trente heures après ; le 28, à de nouveaux mouvements tourbillonnaires de la tache centrale correspond une forte agitation de l'aiguille aimantée. Le même groupe a influencé la boussole durant quatre rotations successives, soit dans une période de plus de cent jours.

On sait que le déplacement des taches et des facules donne la mesure approximative d'une rotation du Soleil (25 jours

¹ On a souvent discuté d'une influence des mouvements planétaires sur le nombre des taches ; c'est ainsi que M. Brown avait prédit pour le dernier maximum (1905) un retard de deux ans, causé par Jupiter et Saturne. Ce retard a été effectivement constaté ; mais il serait prématûr de tirer de ce fait unique des conclusions générales.

5 heures, à peu près) ; la vitesse de cette rotation paraît diminuer de l'équateur aux pôles. — Le bord oriental du Soleil se rapprochant de l'observateur, les raies spectrales se déplacent vers le violet ; le bord occidental s'éloignant, les raies spectrales se déplacent vers le rouge (principe de Doppler-Fizeau). Bien que très petits, les déplacements des raies sont mesurables et permettent aussi de calculer la vitesse de la rotation. Ces méthodes spectroscopiques ont donné des résultats curieux : avec les raies de l'hydrogène, on trouve une vitesse supérieure à la moyenne ; avec les raies du fer, une vitesse plus petite ; avec les raies du calcium, une vitesse intermédiaire ; l'accélération équatoriale serait nulle, ou tout au moins trop faible pour être révélée ainsi.

Le problème n'est pas résolu de façon définitive : la rotation est hors de doute, et depuis longtemps, mais sa durée exacte aux divers parallèles solaires demeure incertaine. C'est que la rotation des taches et des facules, ou des vapeurs et particules chromosphériques n'est vraisemblablement pas identique à celle du Soleil lui-même. Puis, l'application du principe de Doppler-Fizeau est sujette à des restrictions ; en particulier, lorsque dans un gaz lumineux la pression vient à subir une forte variation, cela suffit pour produire un déplacement des raies spectrales.

Dans leur ensemble, ces études n'en sont qu'à leur début ; et ces débuts sont pleins de promesses, d'ordre scientifique et d'ordre pratique. Les théories de la physique récente y trouvent des moyens précieux de contrôle et de vérification. Et l'enregistrement continu de toutes les variations perceptibles du Soleil, qui ont une influence certaine sur notre petit globe, permettra par la suite de mieux connaître et mieux prédire les phénomènes météorologiques.

La Terre et la Lune.

Les astronomes de Meudon ont pris et reproduit une collection, unique au monde, de grands clichés des diverses régions solaires. De son côté, l'observatoire de Paris publie

un superbe atlas lunaire¹; les vues photographiques en sont si détaillées que la surface visible de notre satellite est aujourd'hui mieux connue, dans ses lignes principales, que beaucoup de régions du globe terraqué. On comprend que ces documents remarquables, dus à l'initiative de M. Lœwy, directeur (1833-1907), à l'habileté et à la persévérance de M. P. Puiseux, sont d'une utilité de premier ordre; leur importance s'accroît encore du fait que, par eux, la Lune vient apporter, dans le problème si controversé de l'évolution des planètes, de la Terre en particulier, un témoignage inattendu et décisif. La phisonomie de la Lune dépend en effet de la constitution de son écorce, dont l'épaisseur et la résistance ont varié avec le temps. Les orifices circulaires, aux flancs abrupts, très creusés dans une croûte épaisse, bien conservés, sont relativement récents; les bassins polygonaux, à inclinaisons moins raides et moins profondes, provenant d'une croûte plus mince, sont plus ou moins délabrés et ruinés: leur formation est plus ancienne. — Les sillons rectilignes et les massifs montagneux appartiennent à une période plus reculée encore: celle où l'écorce amincie permettait des mouvements verticaux du sol lunaire, généralisés à des régions plus étendues même que les mers (plaines) actuelles. Primitivement, la surface de la Lune a dû présenter un réseau de cases polygonales, limitées par des digues en relief, allongées dans deux directions principales. Cette constitution ressort de l'examen attentif des vestiges du réseau; on a pu d'ailleurs la reproduire, de façon typique, par le dégonflement d'une sphère creuse élastique recouverte de paraffine (Expérience de M. Hirtz). Les causes de destruction partielle du réseau primitif seraient d'abord de vastes mouvements tangentiels à la surface, dislocant, en des lignes irrégulières, des groupes de cases polygonales; puis des exhaussements et des affaissements du sol, durant une période volcanique longue et générale; enfin l'envahissement, par les eaux, des vastes régions affaissées.

Soit, à l'origine, une masse planétaire fluide; elle se refroidit par la surface, où les scories doivent se former d'abord. Ici interviennent deux théories: D'après certains physiciens,

¹ Le onzième fascicule de cet atlas vient de paraître. — Des reproductions des planches, à format réduit, figurent mensuellement dans le *Bulletin de la société belge d'astronomie*.

notamment d'après Lord Kelvin, les matières solidifiées ont dû plonger à l'intérieur et y reprendre l'état liquide. Tant que le phénomène se renouvelle, le brassage tend à uniformiser, en l'abaissant, la température de la masse. C'est alors dans les régions centrales, où la pression est la plus forte, que la solidification commence, pour se propager vers la surface. Dans cette hypothèse, la Lune est complètement solidifiée, et la Terre aussi, exception faite de quelques couches de lave produisant les éruptions volcaniques.— Les géologues (Suess, Lapparent, Sacco, etc.) admettent au contraire que dès l'état de fluidité les matériaux se sont disposés, de la surface au centre, par ordre de densité croissante; les corps les moins denses ont formé, en se refroidissant, une croûte solide, qui s'épaissit avec le temps; mais la conductibilité calorifique des roches est si faible que le noyau doit demeurer fluide durant une immense période. Or, la structure du relief lunaire atteste des solidifications progressivement opérées, à des niveaux très différents, et des éruptions volcaniques généralisées, qu'on ne peut expliquer par la présence de quelques réservoirs régionaux de matières ignées. Une discussion serrée conduit M. P. Puiseux à admettre que, sur la Lune et les planètes, la surface solide s'est constituée par la jonction de bancs assez minces de scories flottantes. Sur la croûte fragile de la Lune, les fortes marées du fluide interne, causées par l'attraction de la Terre, provoquent deux séries de cassures, l'une parallèle au front de l'onde, l'autre dans la direction des grands courants qui agitent la masse. Sous cette double sollicitation apparaît le réseau rectiligne; la croûte s'épaissit, presse sur le fluide sous-jacent, devenu ainsi plus stable, tandis que l'amplitude des marées internes va diminuant, à mesure que tend à s'établir l'égalité des durées de rotation et de révolution: les crevasses cessent de se former, et la période volcanique survient.

La Terre a dû subir des transformations analogues, avec un refroidissement plus lent, et des dislocations superficielles moins actives, en raison d'une moindre ampleur des marées. Bien que masquée par la formation des nappes océaniques et sédimentaires, la prédominance de deux directions principales dans les cassures primitives se révèle par le contour anguleux des plateaux archéens, les coudes brusques des grandes vallées et des lignes de failles parallèles;

le parallélisme des rivages de l'Atlantique, la similitude de forme et de terminaison en pointe de l'Afrique et de l'Amérique du Sud, etc.

Par la suite des temps, l'évolution des deux corps a été sensiblement différente, principalement parce que la pesanteur, sur la Lune, n'est que la sixième partie de la pesanteur terrestre : cette faible valeur permet des dénivelingements plus grands, d'une structure monoclinale et dissymétrique, causée par les poussées latérales des masses d'abord flottantes ; elle explique aussi la disparition totale de l'eau et de l'atmosphère, que notre satellite a laissé s'échapper ; il y a perdu toute vie extérieure, et c'est à peine si de légers détails modifiés de sa surface semblent témoigner d'une certaine activité interne : à cela près, son évolution est terminée¹.

Les planètes.

La découverte de la planète Neptune (1846), que Le Verrier et Adams avaient vue « au bout de leur plume », fut l'une des plus belles vérifications de la loi de Newton. Depuis, de nombreux calculateurs et observateurs se sont préoccupés de l'existence d'une planète dans le voisinage immédiat du Soleil ; la théorie, fondée sur une très petite irrégularité du mouvement de Mercure, montre que, s'il existe un système intramercuriel, il doit être composé d'un essaim de petits corps ; et l'observation n'a rien révélé de probant.

D'autre part, les perturbations de Neptune et d'Uranus font pressentir l'action de planètes encore plus éloignées. En France, M. Gaillet a annoncé l'existence probable de deux planètes ultra-neptuniennes, dont il a indiqué les positions approximatives. Partant d'autres données, MM. Lau (Copenhague), Pickering (Etats-Unis) et Forbes (Angleterre) ont fourni aux observateurs des indications assez concordantes :

¹ Il est possible que ces changements, petits et rares, soient dus à des troubles sismiques, comme certains tremblements de terre peuvent être causés par les marées de l'écorce, c'est-à-dire par les mouvements que lui fait subir l'action de la Lune. D'après des observations (au moyen du pendule), l'écorce terrestre subirait, en douze heures, un soulèvement de 20 centimètres, suivi d'un affaissement de même amplitude.

jusqu'ici, les recherches, rendues difficiles par l'énorme éloignement des planètes hypothétiques, sont demeurées sans résultat.

Eros, la petite planète découverte en 1898 entre la Terre et Mars, fournit, à cause de sa proximité, le meilleur moyen de calculer la parallaxe solaire. La réduction des mesures et clichés dont on disposait depuis quelque dix ans, a été terminée en mai 1909; la valeur de la parallaxe, fixée à $8'', 807$, est exacte à quelques millièmes près. En 1931, Eros se trouvera de nouveau dans une position favorable, et l'on prépare dès maintenant les éphémérides de ce passage.

L'essaim des planètes télescopiques entre Mars et Jupiter est de plus en plus connu. Grâce à l'emploi régulier des méthodes photographiques, on en découvre un grand nombre chaque année; leur catalogue contient plus de sept cents numéros.

Un nouveau procédé de photographie planétaire a été imaginé par les astronomes de l'observatoire Lowell (à Flagstaff, Arizona, 2210 mètres d'altitude). On y utilise un écran spécial et des plaques sur lesquelles les rayons jaunes seuls viennent agir; on ne les expose d'ailleurs que dans certaines conditions atmosphériques favorables. Les recherches ont été fort longues; les résultats très satisfaisants: les détails visibles sur les images obtenues sont d'une netteté rare. — Les images de Jupiter montrent les petites sinuosités des bandes; le contraste accentué des bandes et des calottes polaires; les filaments de la bande équatoriale. L'aplatissement de la planète et les durées variables de la rotation des bandes ont pu être mesurés exactement sur des clichés. — Les images de Saturne montrent la séparation des anneaux; l'ombre de la planète sur les anneaux et celle des anneaux sur la planète; les différences d'éclat sur le bord intérieur et le bord extérieur de chacun des anneaux A et B; l'anneau C, dont l'existence est révélée par son ombre sur la planète vue à travers l'anneau lui-même; les filaments de la bande équatoriale (déjà observés à la lunette en septembre 1909).

Les atmosphères des planètes ont été étudiées au spectrographe; en 1907 et 1908, à Flagstaff, on a reconnu sur Mars la présence de la vapeur d'eau. Les gaz qui recouvrent Jupiter, Saturne, Uranus et Neptune contiennent un élément chimique

que inconnu, d'autant plus abondant que la planète est plus éloignée; sur les deux dernières se trouve aussi de l'hydrogène à l'état libre.

M. Lowell a résumé dans un ouvrage (1909) et dans une conférence (avril 1910) les résultats de ses observations sur la planète Mars. Outre les plaques blanches des calottes polaires, qui fondent pendant l'été martien et se reforment en hiver, on observe à la surface des régions de couleur ocre rouge ou d'un vert bleuâtre. Les premières, qui sont les plus vastes, ressemblent à des déserts; les autres varient d'aspect suivant les saisons, s'effaçant en hiver pour s'assombrir en été; et ces changements correspondent sans doute à l'état d'une végétation quelconque, favorisée par l'atmosphère de la planète. Il semble cependant qu'à la surface de Mars l'eau provienne uniquement des glaces, ou plutôt du givre et de la gelée blanche des calottes polaires. Les neiges fondent jusqu'au 87^e degré de latitude, ce qui indique une chaleur assez élevée en été; la température moyenne annuelle serait de 8 degrés, tandis qu'elle atteint près de 15 degrés sur la Terre.

Que dire des fameux canaux de Mars, découverts par Schiaparelli lors de l'opposition de 1877, successivement décrits, niés, confirmés, enregistrés par la photographie, discutés de plus belle? Suivant l'opinion de plusieurs, ce réseau de lignes droites serait l'apparence produite par une succession de petites taches; et en fait, si l'on observe, à une distance de trente mètres environ, un disque blanc de trente centimètres, sur lequel on a dessiné de nombreux points noirs placés en séries de chapelets, on distingue non pas les taches séparées, mais bien des séries de lignes obscures.— Pour M. Lowell, les canaux seraient des travaux artificiels, des conduites d'eau: tout un système d'irrigation, rendu nécessaire par la rareté de l'élément liquide; et les grandes lunettes nous font voir les prairies irriguées de part et d'autre de ces lignes.

Le 30 septembre 1909, dans une des régions les mieux connues du monde martien, M. Lowell a dessiné, puis photographié deux grands canaux, qui n'avaient pas été vus auparavant, bien qu'ils fussent les détails les plus frappants de cette région. « L'un partait du fond de la grande Syrte (ou Mer du Sablier), l'autre se détachait un peu au dessous de sa rive orientale, et tous deux inclinaient légèrement leurs cours vers

la gauche, pour aboutir au sud à une oasis nouvelle. Plusieurs petits canaux étaient associés aux deux principaux et formaient, avec deux autres oasis nouvelles aussi, un système bien net et des plus intéressants. »

Les objets nouveaux ont été observables durant un mois et demi; les plus grandes de ces lignes apparentes atteignaient une longueur de 1600 kilomètres, sur 30 kilomètres de largeur; dans la carte de Mars, elle portent les numéros 659 et 660.— L'astronome américain admet que ces « travaux d'irrigation » sont l'œuvre séculaire des Martiens, qui ont dû atteindre un très haut développement intellectuel, quoique l'atmosphère de la planète soit trop raréfiée pour permettre la vie à des êtres pareils à nous. Les Martiens sont probablement plus volumineux que les hommes, car leur taille doit être en raison inverse de la masse de leur planète.

Il convient d'ajouter que, lors de la dernière opposition de Mars, « presque personne n'a signalé le réseau géométrique de lignes fines auquel commençaient à s'habituer même les astronomes qui, avec des instruments puissants, n'ont jamais réussi à les voir. On peut se tirer d'affaire, il est vrai, en admettant que la planète a été enveloppée, cette année, dans des brouillards jaunes et persistants. » (M. P. Puiseux).

Une conclusion définitive est actuellement impossible; il y a dans l'œuvre grandiose de M. Lowell beaucoup de science et d'imagination; l'avenir y fera le tri de la réalité, de la probabilité et du rêve.



Voici le tableau des satellites connus des planètes principales, placés dans l'ordre de leurs distances :

| | | | |
|---------|---------------------|----------------|----------------|
| MARS | (2) : <i>Phobos</i> | (Asaph Hall, | 17 août 1877); |
| | <i>Deimos</i> | » » | 11 » » |
| JUPITER | (8) : <i>V</i> | (Barnard, | 9 sept. 1892); |
| | <i>Io</i> | (Galilée, | 7 janv. 1610); |
| | <i>Europe</i> | (Simon Marius, | 8 janv. 1610); |
| | <i>Ganymède</i> | (Galilée, | 7 janv. 1610); |
| | <i>Callisto</i> | » | » » |

| | | | |
|---------------|-------------|-----------|------------------------------|
| JUPITER (8) : | <i>VI</i> | (Perrine, | 3 déc. 1904) ¹ ; |
| | <i>VII</i> | » | 2 janv. 1905) ¹ ; |
| | <i>VIII</i> | (Melotte, | 3 mars 1908) ¹ ; |

SATURNE (10 et les anneaux) :

| | | |
|-----------------|-----------------|-------------------------------|
| <i>Minas</i> | (W. Herschel, | 18 juillet 1789) ; |
| <i>Encelade</i> | » | 29 août » |
| <i>Téthys</i> | (J. D. Cassini, | 21 mars 1684) ; |
| <i>Dioné</i> | » | » » |
| <i>Rhéa</i> | » | 23 déc. 1672) ; |
| <i>Titan</i> | (Huygens, | 25 mars 1655) ; |
| <i>Thémis</i> | (Pickering, | 16 avril 1904) ¹ ; |
| <i>Hypérion</i> | (G.-P. Bond, | 16 sept. 1648) ; |
| <i>Japet</i> | (J.-D. Cassini, | 25 oct. 1671) ; |
| <i>Phœbé</i> | (Pickering, | 16 août 1898) ¹ ; |

| | | | |
|--------------|----------------|---------------|------------------|
| URANUS (4) : | <i>Ariel</i> | (Lassell, | 24 oct. 1851) ; |
| | <i>Umbriel</i> | » | » » |
| | <i>Titania</i> | (W. Herschel, | 11 janv. 1787) ; |
| | <i>Obéron</i> | » | » » |

| | | |
|---------------|-----------|----------------|
| NEPTUNE (1) : | (Lassell, | 10 oct. 1846). |
|---------------|-----------|----------------|

Les systèmes de satellites présentent les particularités suivantes :

Les orbites sont des ellipses peu excentriques, dont les plans coïncident à peu près avec le plan équatorial de la planète.

La Lune a une orbite plus excentrique et une masse relative plus forte.

La révolution de *Phobos* autour de Mars dure moins que la rotation de la planète : fait unique dans le système solaire.

Les trois satellites les plus récents (VI, VII et VIII) de Jupiter sont séparés des anciens par un vide considérable ; dans les orbites de VI et VII, les grands axes sont presque égaux, les inclinaisons presque les mêmes (30° environ) ; mais les excentricités très différentes (0, 16 et 0, 36).

VIII de Jupiter et *Phœbé* de Saturne, tous deux les plus éloignés de leur planète, effectuent leur révolution dans le sens

¹ Découvert photographiquement.

rétrograde; de plus, il existe entre ces satellites et celui qui le précède un intervalle de grandeur anormale.

Les quatre satellites d'Uranus et le satellite de Neptune effectuent aussi leurs révolutions en sens inverse de celui de la rotation solaire.

Laplace considérait comme pratiquement nulle (un sur quatre mille milliards) la probabilité de mouvements rétrogrades dans le système planétaire. Aujourd'hui, il n'est plus possible de voir dans ces faits des accidents sans importance : il faut songer à les expliquer.

Les comètes.

L'examen des clichés et spectogrammes de la comète Morehouse (1908 c) a présenté un intérêt particulier. Les queues multiples en éventail se sont infléchies et divisées ; en divers points de ces traînées brillantes se sont formées de petites condensations, qui émettaient à leur tour des nappes lumineuses et qui s'éloignaient du noyau ; les angles formés par les diverses traînées s'ouvraient et se fermaient comme si (apparence ou réalité ?) l'ensemble avait tourné autour d'un axe central. La pression de radiation de la lumière ne suffit pas à expliquer ces curieux phénomènes ; il faut faire intervenir d'autres forces, émanant de la tête et des points de condensation situés à de grandes distances du noyau. D'autre part, à quatre reprises la comète a manifesté comme une activité nouvelle, alors que sa distance au Soleil variait dans un même sens. Ceci donne quelque crédit à l'opinion, pourtant si discutable, que le milieu traversé est de constitution variable : des courants de particules émanées du Soleil deviendraient visibles sur le passage des comètes, soit qu'elles éprouvent alors une excitation électrique, soit qu'elles entraînent avec elles de la matière cométaire. Les limites des queues ne seraient alors que les contours apparents des nappes qui ont subi un tel changement d'état physique.

Les comètes nouvelles aperçues en 1909 n'ont rien offert d'extraordinaire, non plus que les comètes périodiques de Perrine et de Winnecke, revenues à peu près au temps fixé.

En revanche, la grande comète 1910 *a*, qui fut visible à l'œil nu, a présenté des variations d'éclat intéressantes.

La comète de Halley nous est revenue, fidèle au rendez-vous que lui assignait la loi de Newton. Les éléments de son passage ont été calculés par divers astronomes. L'éphéméride publiée par MM. Crowell et Cromelin, de Greenwich, s'est trouvée la plus exacte. En l'utilisant, M. Max Wolf, directeur de l'observatoire d'Heidelberg, a découvert l'image de la comète sur une plaque photographique, le 11 septembre 1909. Elle se présentait sous la forme d'une petite nébulosité, sans noyau apparent. Les jours suivants, elle fut observée à Yerkes (Etats-Unis), à Greenwich, au Caire, et c'est d'après ces observations que M. Cromelin a rectifié les valeurs des éléments de l'orbite. — La comète a dû passer au périhélie (sauf imprévu) vers le 20 avril ; elle se trouvait à 90 millions de kilomètres du Soleil, et sa vitesse atteignait 194 000 kilomètres à l'heure. Dans la première quinzaine de mai, on a pu l'observer à l'œil nu, le matin ; sa tête était assez terne, sa queue rectiligne dépassait 40 degrés. Elle a passé à son nœud descendant le 19 mai, sa tête à 23 millions de kilomètres du globe terrestre : ce passage, attendu avec une curiosité générale et vraiment exceptionnelle, est demeuré inaperçu¹.

Visible jusqu'à la fin de mai, le soir, dans le ciel occidental, elle s'éloigne, d'un mouvement ralenti, jusqu'à la distance de cinq milliards de kilomètres, d'où elle reviendra dans 76 ans.

Le spectre de la comète a été obtenu, dès décembre 1909, à Cambridge (Etats-Unis) et à Meudon. On a relevé une bande

¹ Suivant M. Max Wolf (Heidelberg), l'événement aurait eu lieu dans l'après midi du 19 mai : « Pendant le jour, malgré six télescopes, nous n'avons absolument rien vu du passage de la comète devant le Soleil, bien que nous ayons pu observer les taches solaires en d'excellentes conditions. Mais, vers le soir, le cercle de Bishop se montra autour du Soleil avant son coucher, et le crépuscule se déroula avec une splendeur merveilleuse, rappelant ce qu'on a observé après les grandes éruptions volcaniques... Ensuite la Lune apparut environnée d'un cercle de Bishop plus intense que je ne lui en avais jamais vu. — Le 20 mai, le Soleil était encore entouré d'un vaste et épais cercle de Bishop. — La longueur de la queue a été trouvée de 55 degrés le 12 mai, et de 70 degrés le 15. Une photographie prise le 12 révèle, en dehors de la queue visible optiquement, des nuages cométaires s'étendant à une grande distance, de sorte qu'en admettant même une forte inclinaison de la queue, la Terre a dû certainement traverser cette nébulosité et y rester même assez longtemps immergée. »

caractéristique du cyanogène. Sur un fond à peu près continu on trouve, surtout du côté de l'ultra-violet, des condensations bien distinctes, qu'on a rapportées au cyanogène et à l'azote illuminés électriquement.

Les astronomes et les physiciens comptaient que la proximité de la comète de Halley leur apporterait la solution de bien des problèmes. La société d'astronomie de l'Amérique du Nord, voulant obtenir une certaine unité dans la conduite des observations, avait répandu dans le monde entier un riche programme d'études astrophysiques et météorologiques ; il n'a pu être réalisé.

Bien qu'il ait apporté une vérification de plus de la loi newtonienne, le passage de cette année a causé aux savants et aux profanes une réelle déception.

Les hypothèses cosmogoniques.

Laplace supposait une nébuleuse arrondie dont les molécules s'attirent mutuellement suivant la loi de Newton, et qui tourne, d'une vitesse angulaire très petite et constante, autour d'un axe passant par son centre de gravité. Tout en s'aplatisant, elle a abandonné, aux distances où la force centrifuge et l'attraction du noyau central s'équilibrerent, des anneaux gazeux. Dans chaque anneau se sont formés des points de condensation qui ont fini par se réunir en une seule masse, donnant ainsi naissance à une planète. Toute planète est animée d'un mouvement de rotation de même sens que la révolution autour du centre (sens direct).

Une planète n'est d'abord qu'une nébuleuse secondaire, passant par les mêmes phases que la nébuleuse primitive. Ainsi s'explique la formation des satellites, dont les rotations et les révolutions doivent être de sens direct.

Simple et grandiose, l'hypothèse de Laplace s'accordait avec la science de l'époque. Elle est insuffisante à expliquer certaines particularités du système solaire, entre autres les mouvements rétrogrades de plusieurs satellites. Les découvertes récentes donnent un regain d'actualité à l'hypothèse de Faye, dont voici le résumé : Supposons, dans le lambeau de

matière cosmique où devait naître le Soleil et son cortège, des girations d'abord très lentes autour d'un centre dépourvu de noyau. Grâce à ce mouvement se sont constitués des anneaux elliptiques, puis des planètes ; la transformation, produite dans chaque anneau par l'inégalité des vitesses linéaires, — qui crée des tourbillons — favorisée par la lenteur du mouvement et surtout par la faiblesse de l'attraction centrale, s'est effectuée en premier lieu dans les régions voisines du centre. Mais, sous l'influence des chocs incessants de matériaux non incorporés dans les girations primitives et dans les anneaux planétaires, peu à peu se forme un noyau, dont l'attraction finit par devenir prépondérante. Dans la première période, les vitesses linéaires croissent du bord intérieur au bord extérieur d'un anneau : c'est la cause des mouvements de sens direct. Dans la seconde période, les vitesses linéaires varient à l'inverse : c'est la cause des mouvements rétrogrades.

Pour être ingénieuse, l'hypothèse de Faye n'en n'a pas moins été vivement critiquée : non plus que celle de Laplace elle n'explique la formation d'anneaux séparés par des vides ; elle ne tient aucun compte de la loi des distances des planètes au Soleil (Titius-Bode) ; elle admet, sans motifs suffisants, que les planètes les plus proches se sont formées d'abord, lorsque l'attraction du noyau n'existe pas ; elle fixe à une première période la formation de Saturne et de Jupiter, qui ne ressemblent en rien aux quatre planètes les plus voisines du Soleil, et à une seconde période la formation d'Uranus et de Neptune, qui ressemblent à Jupiter et à Saturne par tous leurs caractères : masse, volume, spectre, durée de rotation, aplatissement ; enfin, elle n'explique pas les mouvements rétrogrades des derniers satellites de Saturne et de Jupiter.

Ces objections nous ont conduit à modifier assez profondément l'hypothèse de Faye¹ :

Dans le lambeau de matière cosmique animé d'une très lente giration, les molécules sont soumises à leurs attractions newtoniennes. Mais dès que la masse, contenant à l'état potentiel toute l'énergie rayonnante, a émis quelques radiations calorifiques, elle a dû se contracter à son pourtour ; le

¹ Congrès des Sociétés savantes ; Paris, avril 1910.

refroidissement se propageant de la périphérie au centre, son action est comparable à celle d'une force centrale, proportionnelle à la distance. Admettons que les orbites du système en formation ont été des coniques variables, rapportées premièrement à leur centre, finalement à leur foyer, et dans la période intermédiaire à un point de leur grand axe. Cette hypothèse nous donne l'expression d'une force, qui n'agit d'abord que sur les régions extérieures de la nébuleuse. A la distance où son action cesse, le changement de régime amène la séparation d'un anneau, dans lequel les vitesses linéaires croissent avec le rayon. Cet état est stable, il pourrait se perpétuer; ce n'est donc pas la différence des vitesses linéaires qui va produire des tourbillons: c'est la variation de cette différence. Car, à cause de la contraction, la vitesse des molécules les plus rapides diminue; et dès que la partie extérieure retarde, il se produit des tourbillons de sens rétrograde.

La masse nébulaire continue à tourner; la rotation s'accélère; à la périphérie, la contraction par le refroidissement est d'abord plus forte qu'avant la séparation de l'anneau, et aucune séparation nouvelle n'est possible jusqu'à ce que, l'attraction du noyau augmentant, un second anneau se détache; et ainsi de suite, de l'extérieur à l'intérieur. Lorsque l'attraction du noyau solaire devient prépondérante, les vitesses linéaires des anneaux décroissent de l'intérieur à l'extérieur; c'est aussi un état stable, ne créant pas de tourbillons; mais, la contraction étant la plus forte sur le bord de l'anneau opposé au Soleil naissant, les molécules s'y rapprochent du centre; leur vitesse augmente, elles avancent par rapport aux molécules du bord interne: d'où les tourbillons de sens direct.

Dans la période intermédiaire, les tourbillons n'ont pu se former, ou n'ont pas eu de résultante générale (anneau des planètes télescopiques).

Dans un des anneaux planétaires, les mêmes phénomènes se produisent en petit. Soumis à leurs attractions mutuelles, les tourbillons s'agglomèrent; dans le tourbillon résultant, les satellites les plus éloignés du centre, formés les premiers, ont des mouvements rétrogrades; c'est une caractéristique des systèmes planétaires les plus anciens, qui seront les plus riches en satellites; le nombre de ceux-ci diminue à mesure que l'action du Soleil devient plus forte.

Les grosses planètes, provenant d'anneaux séparés alors que la matière était rare et l'attraction centrale peu sensible, ont conservé de faibles densités (0,294; 0,191; 0,125; 0,237, de Neptune à Jupiter); les petites planètes, provenant d'anneaux à court rayon, formées plus tard dans une matière plus contractée, ont des densités plus fortes (0,697; 1; 0,791; 1,149, de Mars à Mercure).

Il nous est ainsi possible de donner une idée de la formation du système solaire; puis de rattacher à notre théorie l'explication de très petits écarts observés dans les mouvements lunaire et planétaires, et dont la mécanique céleste, jusqu'à présent, n'a pu indiquer la cause.

Loin de nous la pensée saugrenue que le problème cosmogonique soit par là résolu. Nos constructions sont provisoires, et le progrès veut des hypothèses de mieux en mieux adaptées à des faits toujours plus nombreux. La discussion restera longtemps ouverte: il faut savoir attendre; attendre que la physique, la chimie, la géologie aient fourni des renseignements plus certains sur la constitution et sur les transformations de la matière; que la mécanique céleste, s'appuyant sur des séries plus complètes et plus précises d'observations et de calculs, et disposant peut-être d'un instrument mathématique plus délicat et plus puissant que l'Analyse actuelle, ait résolu certains problèmes essentiels. Il ne manquera plus alors qu'un génie de la taille des Newton et des Laplace pour faire la synthèse de cet ensemble énorme d'éléments si divers.

Après comme avant, la cause première, — fiction ou réalité — demeurera en dehors et au dessus de toute atteinte, et le savant de l'avenir en sera réduit à dire avec Faust: « J'ai laborieusement amassé tous les trésors de l'esprit humain, et aujourd'hui, je ne me trouve pas grandi de l'épaisseur d'un cheveu. Je reste encore à la même distance de l'Infini. »

15 juin 1910.

LOUIS MAILLARD
professeur d'astronomie à l'Université de Lausanne.

