

suite de l'état solide de la Terre au moins à la surface, la chaleur qu'elle perd n'a aucune relation connue avec sa température intérieure. Si l'on voulait calculer la durée du refroidissement de la Terre au taux de sa perte actuelle de chaleur, il faudrait compter par milliers de millions d'années. Mais l'état liquide ou solide de la Terre fait entrer en ligne de compte une nouvelle donnée qui modifie considérablement l'allure du phénomène. Ainsi que l'a montré M. Lane en 1870 (1), la température d'un corps gazeux s'élève continuellement, tandis qu'il se contracte par suite d'une perte de chaleur. En perdant de la chaleur, il se contracte, mais la chaleur engendrée par la contraction est plus que suffisante pour empêcher la température de s'abaisser. Ce paradoxe apparent est une conséquence immédiate de la loi de l'attraction et de la loi de Mariotte. Mais la contraction d'un solide ou d'un liquide produit un effet exactement contraire. La contraction produite par chaque degré d'abaissement de la température enlève probablement une centaine de degrés de chaleur du globe. Il faut joindre encore à cette cause de perte de la chaleur les énormes éruptions de matières fondues qui se sont fait jour à travers la croûte encore peu épaisse, et qui, par leur refroidissement rapide, ont accéléré celui du globe et l'épaississement de la couche solide. Il est donc possible que le refroidissement de la Terre n'ait pris qu'une minime portion des années de chaleur calculées par M. Thomson; en tout cas, l'Astronomie ne paraît pas pouvoir aujourd'hui en fournir davantage à la Géologie.

(1) LANE, *On the theoretical temperature of the Sun* (*Silliman's Journal*, juillet 1870).

CHAPITRE IV.

EXAMEN DES OBJECTIONS FAITES A L'HYPOTHÈSE DE LAPLACE.

J'arrive maintenant à l'examen des objections qui ont été faites à l'hypothèse cosmogonique de Laplace.

1° La formation des anneaux, tels que les suppose Laplace, est impossible.

2° Ces anneaux ne pourraient donner naissance qu'à une multitude de planètes très petites, qui rempliraient toute l'étendue de la nébuleuse primitive, et non à de grosses planètes, séparées par des intervalles vides.

3° Les planètes nées de ces anneaux devraient avoir un mouvement de rotation rétrograde.

4° Le premier satellite de Mars et les anneaux intérieurs de Saturne sont plus proches de leurs planètes et tournent plus vite que ne le permet l'hypothèse de Laplace.

5° Les mouvements des satellites d'Uranus et de Neptune sont rétrogrades, ainsi que très probablement les rotations de ces planètes.

Impossibilité de la formation d'anneaux séparés. — Si l'on suppose la nébuleuse primitive homogène et restant homogène pendant sa contraction, sa période de rotation, d'abord excessivement lente, diminue, suivant la loi des aires, comme le carré du rayon. Si donc elle était de 164,6 années, durée de la révolution de Neptune, lorsqu'elle remplissait l'orbite de cette planète, elle aurait été réduite à 67 ans au moment de sa contraction dans l'orbite d'Uranus, à 16,7 années lorsqu'elle serait diminuée au rayon de l'orbite de Saturne, à 4,94 années pour le rayon de celle de Jupiter, et enfin à 0,0014 pour le rayon du globe du Soleil actuel. Telles devraient être aussi les durées de révolution des planètes et de rotation du Soleil. De plus, ce dernier ne serait pas un globe presque sphérique, mais un ellipsoïde très fortement aplati. Enfin,

dans cette hypothèse, la pesanteur à l'équateur de la nébuleuse, une fois devenue égale à la force centrifuge, lui reste constamment inférieure pendant la contraction ultérieure; d'où un abandon continu de matière, et non une formation d'anneaux indépendants.

La nébuleuse primitive doit donc être considérée tout autrement; et Laplace, en effet, a toujours supposé en son centre un globe de densité relativement considérable, sur la surface duquel venait peu à peu se précipiter la matière atmosphérique, de manière à augmenter lentement la rapidité de son mouvement de rotation. Le frottement de ce globe contre l'atmosphère et les frottements intérieurs des couches de celle-ci maintenaient d'ailleurs l'uniformité du mouvement angulaire dans toute l'étendue de la nébuleuse, et par réaction empêchaient aussi le globe du Soleil de tourner aussi vite que l'auraient exigé sa propre contraction et la précipitation de matière à sa surface. La nébuleuse forme ainsi une véritable atmosphère de forme ellipsoïdale, dont l'aplatissement ne peut dépasser une limite déterminée, où le rapport des axes est celui de deux à trois (LAPLACE, *Méc. céleste*, Liv. III, Chap. VII).

Si nous adoptons l'idée actuelle de la nébuleuse solaire, nous devons supposer que, dès l'origine, les matériaux les plus denses se sont condensés vers le centre, et y ont produit une sorte de noyau qui a joué le rôle que Laplace attribuait au globe même du Soleil. Par une analyse fondée sur d'ingénieuses suppositions, M. Trowbridge a cherché à calculer la loi de variation de densité à l'intérieur du sphéroïde solaire, pendant la formation des anneaux planétaires. Il a trouvé les valeurs suivantes du rayon principal de gyration de ce sphéroïde aux époques de formation des neuf planètes, les astéroïdes étant comptés comme la cinquième à partir du Soleil :

	Milles.		Milles.
Mercure.....	468 900	Jupiter.....	3 292 000
Vénus.....	749 300	Saturne.....	5 186 000
Terre.....	955 500	Uranus.....	8 759 000
Mars.....	1 311 000	Neptune.....	12 260 000
Astéroïdes.....	2 216 000	Rayon actuel du Soleil.	441 000

Ces valeurs nontrent que, déjà au moment de la formation de l'anneau de Neptune, le sphéroïde solaire était très condensé vers le centre; et que probablement plus de la moitié de la masse était en dedans de l'orbite actuelle de la Terre, et la plus grande partie

de cette moitié en dedans de l'orbite de Mercure. La densité des régions équatoriales, immédiatement avant l'abandon de l'anneau de Neptune, ne devait être, d'après M. Trowbridge, qu'un demi-millionième de la densité des couches situées au voisinage de l'orbite actuelle de Mercure [TROWBRIDGE, *On the nebular hypothesis* (*Silliman's amer. Journal of Science*, 2^e série, t. XXXVIII, p. 344 à 360; 1864)]. Nous retrouvons donc l'hypothèse de Laplace, un noyau central de densité relativement considérable, entouré d'une atmosphère extrêmement raréfiée (1).

Mais cela ne suffit pas encore. D'après Laplace, les planètes sont actuellement aux distances mêmes où se sont détachés les anneaux. Il faudrait donc qu'après la formation du premier anneau, celui de Neptune par exemple, la nébuleuse se fût contractée, sans nouvelle perte de matière, jusqu'à l'orbite d'Uranus, c'est-à-dire à un rayon à peu près moitié. Pourquoi un pareil état d'équilibre, persistant pendant de longues périodes, séparées par un brusque renversement du rapport de la gravité à la force centrifuge?

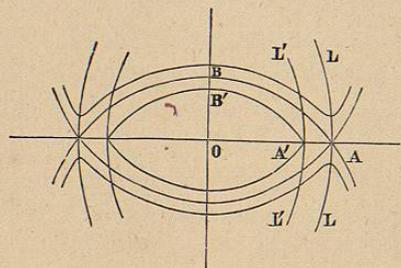
Il est bien clair qu'une loi quelconque de la variation de densité de la nébuleuse du centre à la circonférence, si elle reste la même pendant la contraction, ne peut donner lieu à de telles alternatives. M. Faye a démontré en effet (*Comptes rendus*, t. XC, p. 570; 1880) que dans de telles conditions une nébuleuse à condensation centrale, où l'on suppose un décroissement des densités aussi rapide que l'on voudra, n'aurait jamais abandonné la moindre parcelle de sa masse en se contractant. M. Kirkwood (*Monthly Notices of the R. A. S.*, t. XXIX, p. 96) considère les choses autrement et fait voir que l'équilibre, une fois troublé, n'a pas dû se rétablir; et que, par suite, une continuelle succession d'anneaux étroits ont dû se détacher très proche les uns des autres; telle est

(1) Dans une Note présentée à l'Académie des Sciences, le 24 novembre 1884, M. Maurice Fouché vient également de montrer qu'au moment de la formation des planètes, la condensation centrale de la nébuleuse devait être énorme, et que la masse de l'atmosphère ne pouvait être qu'une très minime fraction de la masse totale. De plus, il ressort de l'application de la troisième loi de Kepler et du principe de la conservation des quantités de mouvement, que la loi des densités a dû constamment varier pendant la formation des anneaux, l'atmosphère tendant de plus en plus vers l'homogénéité et devenant relativement plus dense (*Comptes rendus*, t. XCIX, p. 903).

aussi la conséquence du mode de contraction indiqué par M. S. Newcomb (*voir plus haut*, p. 588). Ainsi, ou pas d'anneaux, ou un abandon continu de matière, formant des anneaux très voisins, desquels résulteront, non pas de grosses planètes séparées par des intervalles vides, mais des corpuscules planétaires remplissant tout l'espace circonsolaire; telle est la conséquence d'une contraction lente et régulière de la nébuleuse primitive.

M. Roche est le seul, je crois, qui ait cherché à rendre compte des ruptures brusques d'équilibre à des moments déterminés, séparés les uns des autres par de longues périodes de repos, telles que l'exige l'hypothèse de Laplace (Роше, *Essai sur la constitution du système solaire*; Montpellier, 1873). Il est nécessaire d'entrer ici dans quelques détails sur ce travail très original, parce que nous aurons souvent à y revenir dans la suite de cette discussion.

M. Roche admet l'idée fondamentale de Laplace, le Soleil primitif entouré à grande distance d'une atmosphère très légère, tournant avec la même vitesse que le globe central. Cette atmosphère est soumise aux lois que M. Roche a étudiées, d'une façon spéciale, dans son Mémoire sur la figure des atmosphères des corps célestes [*Mémoires de l'Académie de Montpellier*, t. II, p. 399 (1854), et t. V, p. 263, (1862)]. Les couches de niveau sont de révolu-



tion autour de l'axe de rotation, aplaties aux pôles, et l'aplatissement croît avec la distance au centre. La surface libre est la plus grande des surfaces de niveau, qui enveloppent le noyau sans sortir de la *surface limite* LL: celle-ci est définie par la condition qu'en un point quelconque la force centrifuge y fait équilibre à la pesanteur. Le fait nouveau découvert par M. Roche est l'existence à l'équateur, sur la courbe génératrice de la surface libre, d'un point double A, où les deux tangentes font entre elles un

angle de 120° . En tournant autour de l'axe, cette courbe engendre une surface qui offre elle-même une arête saillante, tout le long de l'équateur: c'est la ligne de jonction de la partie fermée de la surface libre, avec ses deux nappes illimitées. Au delà, la surface de niveau n'est plus fermée, elle s'ouvre à l'équateur et se développe suivant deux nappes indéfinies.

Lorsque, par suite de la contraction, la vitesse de rotation augmente, la surface limite LL se rapproche en L/L'; la matière comprise entre L' et L cesse donc d'appartenir à l'atmosphère du Soleil. De plus, pour que la surface libre prenne la forme de la surface de niveau passant par A', il faut qu'une autre portion de matière abandonne aussi le Soleil: c'est celle qui est comprise entre la surface B'A', la surface BA et la surface limite L/L'; elle coule tout le long des surfaces de niveau du pôle vers l'équateur et se déverse suivant l'arête saillante.

De toute cette matière, toute molécule qui auparavant décrivait un grand cercle continue à le suivre avec la même vitesse, « parce que sa force centrifuge est exactement balancée par la pesanteur ».

On a donc: $\frac{4\pi^2 a}{T^2} = \frac{M}{a^2}$, a désignant le rayon décrit par la molécule, T la durée de sa révolution. Chacune d'elles se meut donc suivant les lois de Kepler, et leur ensemble constitue un anneau de Laplace. Nous verrons plus tard ce qu'il doit devenir.

Mais la matière qui descend des pôles vers l'équateur n'a qu'une vitesse linéaire moindre que celle de l'équateur, d'autant plus faible qu'elle descend de plus haut. Chaque particule commence donc à se mouvoir tangentiellement à l'équateur, en décrivant dans le plan de l'équateur une ellipse autour du centre O du Soleil comme foyer, ellipse d'autant plus allongée que la vitesse propre de la particule est plus faible. Si donc nous considérons l'atmosphère solaire comme extrêmement légère, cette particule y rentrera et y décrira son ellipse propre. L'ensemble des particules parties du point A avec la même vitesse tangentielle décrivent la même ellipse et constituent une *trainée elliptique*. Chaque point de l'équateur est l'origine de pareilles trainées. M. Roche montre ensuite comment, de ces diverses trainées, les plus profondes étant annulées par la résistance du milieu, la matière qui les forme tombe sur le Soleil; tandis que les plus extérieures, dont la vitesse tan-

gentielle diffère peu de la vitesse équatoriale, forment un anneau circulaire qui tourne à l'intérieur, très près de l'équateur, avec la même vitesse que l'atmosphère. Si celle-ci est extrêmement raréfiée, les traînées elliptiques se convertissent en un anneau intérieur plus rapproché du centre.

L'existence de ces anneaux intérieurs constitue le point le plus original des développements apportés par M. Roche à l'idée primitive de Laplace et servira à expliquer plusieurs points importants de l'histoire des satellites et de la rotation du Soleil actuel. Il ne faut pas oublier que tout l'édifice de M. Roche, comme celui de Laplace, repose sur l'existence, au milieu de la nébuleuse, d'une condensation centrale, dont l'attraction l'emporte énormément sur celle de son atmosphère.

Il faut maintenant expliquer comment a pu se produire, dans la contraction de la nébuleuse solaire, la série des alternatives $a > L$ et $a < L$, qui seule a pu donner naissance à des planètes séparées par des intervalles vides. L est le rayon de la surface limite, a le rayon équatorial de l'atmosphère.

M. Roche rend compte de ces alternatives en remarquant que la contraction de la nébuleuse et la variation de sa vitesse de rotation résultent de deux causes, le refroidissement par la surface et la condensation par précipitation de la matière vers le centre. Soit à un certain moment $L = a$. Si alors la précipitation vers le centre devient très active pour la matière située vers ce centre, L devient moindre que a ; car le moment d'inertie du système diminue, la vitesse de rotation augmente, sans que a ou l'étendue de l'atmosphère varie sensiblement. Une couche superficielle est donc abandonnée. Mais sa disparition favorise le refroidissement de la nouvelle surface libre, sans diminuer L , puisque la masse abandonnée est très faible. Le rayon équatorial diminue et rentre en deçà de L , l'équilibre se rétablit et la formation des anneaux cesse brusquement. Les alternatives résultent ainsi de ce que la condensation de la matière a lieu, tantôt au centre, tantôt à la surface.

La formation des traînées elliptiques favorise ces alternatives. En effet, la matière qui rentre dans l'atmosphère se rapprochant du centre, le moment d'inertie diminue, la vitesse augmente, L diminue et peut devenir moindre que a . Mais il faut remarquer que, dans ce procédé de condensation, c'est le centre de la nébuleuse

qui commence à tourner plus vite; la communication du mouvement se fait progressivement du centre vers l'extérieur; donc L , après avoir diminué rapidement, devient presque constant. Le refroidissement diminue alors progressivement a , qui devient à son tour moindre que L , et la formation des anneaux cesse jusqu'à ce que la vitesse de rotation se soit uniformisée. Alors L diminue brusquement et un nouvel anneau se détache.

On peut donc admettre que le refroidissement se fait d'une façon à fort peu près continue, tandis que la distance au centre de la surface limite varie par saccades. De cette hypothèse résulte une loi très curieuse des époques auxquelles se sont formées les planètes. En effet, d'une part, la loi de Bode exprime les distances réelles D des planètes au Soleil par la formule

$$D = A + Ba^n,$$

n recevant des valeurs entières successives. Ces valeurs de D sont aussi celles de la limite L , au moment où cesse de se former un anneau, c'est-à-dire celles qui correspondent à $L = a$. D'autre part, la loi de Dulong appliquée au refroidissement d'une masse gazeuse donne pour son rayon a , en fonction du temps, l'expression

$$a = A_1 + B_1 e^{-rt}.$$

L'égalité $L = a$ exige donc que

$$A + Ba^n = A_1 + B_1 e^{-rt}.$$

Et, comme les planètes se sont formées à des distances telles que n soit représenté par la série des nombres entiers, il faut aussi que les époques t de leur formation ou de l'abandon des anneaux forment une progression arithmétique. La loi de Bode revient donc dans l'hypothèse de Laplace à celle-ci : les planètes se sont formées à des époques également espacées dans le temps (1).

2° *Impossibilité de la formation de grosses planètes aux dépens des anneaux.* — La formation d'une planète de grande di-

(1) La loi de Bode a été étendue par M. Roche aux satellites des planètes. On doit aussi à M. Gaussin, ingénieur-hydrographe en chef, une Note très intéressante sur les lois de la distribution des astres du système solaire (*Comptes rendus*, t. XC, p. 518 et 593; 1880). On voit, par l'essai de M. Roche, de quel intérêt serait la connaissance de la loi vraie de distribution des planètes et des satellites, pour l'établissement d'une théorie cosmogonique définitive.

mension exige, d'après Laplace, la réunion en une seule masse des petites masses sphéroïdiques dans lesquelles l'anneau adû se rompre peu de temps après sa formation. Cette réunion résulterait de la prépondérance d'une de ces masses par rapport aux autres, et de la petite différence de leurs périodes de révolution. M. Kirkwood a fait remarquer (*Proceedings of the Amer. Phil. Society*, avril 1880 et *The Observatory*, t. III, p. 409) que cette réunion exigerait un temps énorme, incompatible avec la formation ultérieure des satellites. « Deux portions de l'anneau neptunien placées de part et d'autre du Soleil ne produiraient aucune perturbation sensible sur leur mouvement relatif. Bien plus, si les fragments de l'anneau étaient distribués, le long de l'orbite, à peu près uniformément, leurs actions perturbatrices se détruiraient à très peu près les unes les autres. » On ne peut donc invoquer, en faveur de la réunion des portions un peu éloignées, que la différence de leurs vitesses de révolution. Or, « si l'on considère deux fragments A et B de l'anneau de Neptune, distants de 180° en longitude, et dont les moyennes distances au Soleil différeraient de 1000 milles, il est aisé de montrer que la différence des vitesses angulaires qui en résulterait ne pourrait les réunir en un même noyau qu'au bout de 150 millions d'années ». Mais il faudrait qu'au bout de ce temps et après la formation complète de Neptune, celui-ci fût encore nébuleux pour donner naissance à son satellite d'après les idées de Laplace. Donc de ce chef et considérant aussi les données de la Thermodynamique sur l'âge du système planétaire, la formation d'une grande planète aux dépens d'un anneau est impossible.

Cette objection est capitale. Mais il faut remarquer qu'elle s'applique à tout système qui fera naître les planètes de la condensation d'anneaux, extérieurs ou intérieurs à la nébuleuse solaire. Je ne crois pas qu'il y ait été donné de réponse satisfaisante. Si l'on admet l'origine annulaire des planètes, il faut admettre en outre l'existence, dans chaque anneau, d'un centre de condensation autour duquel s'est *immédiatement* réunie la plus grande partie de sa matière, au moment même de la rupture ou auparavant, le reste n'ayant donné naissance qu'à de la poussière de planètes. Dans l'expérience de Plateau, on voit bien un anneau se résoudre le plus souvent en un petit nombre de masses considérables, quelquefois en une seule accompagnée de très petits glo-

bules; mais il existe dans le liquide une force de cohésion dont nulle trace ne se retrouve dans la nébulosité annulaire de Laplace.

Il faut avouer d'ailleurs que les suppositions par lesquelles on a essayé de remplacer les anneaux de Laplace ne sont pas fort heureuses. M. Kirkwood (*Proceedings of the Amer. Phil. Society*, avril 1880; *The Observatory*, t. III, p. 446) admet que « chaque planète, à l'origine, s'est séparée d'un arc très limité de la protubérance équatoriale; ou, en d'autres termes, qu'au lieu de produire un anneau, la force centrifuge a produit une rupture au point de moindre résistance dans la zone équatoriale. . . . Par suite de cette séparation, la tendance à la dislocation le long de l'équateur s'est calmée pour un temps, et l'ellipticité du sphéroïde a été diminuée. Une condensation ultérieure accroît de nouveau la force centrifuge, jusqu'à ce qu'il en résulte une nouvelle rupture ou projection de matière. »

M. Kirkwood assimile cette projection aux éruptions d'hydrogène incandescent qui ont produit l'éclat temporaire de l'étoile de la Couronne en 1867; mais il est difficile de comprendre le rapport qui peut exister entre la nébuleuse solaire et une étoile déjà probablement encroûtée. Il semble que le hasard joue un trop grand rôle dans l'hypothèse de M. Kirkwood, pour qu'on puisse la placer à la base de la cosmogonie des planètes, dont l'harmonie actuelle ne peut être le résultat que d'un jeu de forces parfaitement régulier.

De quelque manière que se soit produite la nébuleuse planétaire, il n'est nullement certain qu'elle puisse subsister d'une manière durable. Il faut pour cela qu'elle satisfasse à certaines conditions qui ont été étudiées d'abord par M. Roche [*Mémoire sur la figure d'une masse fluide soumise à l'attraction d'un point éloigné* (*Mém. de l'Acad. de Montpellier*, années 1849, 1850 et 1851, t. I, p. 243 et 333; t. II, p. 21)], puis par M. Vaughan (*Phil. Mag.*, nov. 1860). M. Roche a déduit de son analyse des résultats curieux.

La nébuleuse planétaire à son origine n'est pas un noyau entouré d'une atmosphère; il faut plutôt l'assimiler à une masse fluide sensiblement homogène; celle-ci est animée d'un mouvement lent de rotation, et soumise à l'attraction du noyau central de la nébuleuse solaire. Elle s'allonge donc sous la forme d'un ellipsoïde à axes inégaux, dont le plus grand est constamment dirigé suivant

le rayon vecteur. De là une tendance à tourner constamment vers le Soleil les mêmes points de sa surface et, par suite, égalité de durée des mouvements de rotation et de révolution, qui a dû se rencontrer chez toutes les planètes dans la première phase de leur existence. C'est là, nous l'allons voir, un point d'une extrême importance.

La condensation de la nébuleuse continuant sous l'influence du refroidissement et de la gravité intérieure, l'attraction solaire, sensiblement proportionnelle au volume de la nébuleuse homogène, diminue et devient insuffisante à maintenir l'égalité des deux mouvements. La vitesse de rotation augmente, et, si la distance au Soleil est suffisamment grande, la nébuleuse planétaire prend la même forme que la nébuleuse solaire, celle d'un sphéroïde aplati, avec une marée solaire en plus.

M. Roche démontre que, pour que la nébuleuse planétaire sous son premier état puisse persister, il faut que le rapport

$$U = \frac{M}{\rho a^3},$$

dans lequel M est la masse du corps troublant, a la distance des deux astres, et ρ la densité du fluide, soit inférieur à une certaine limite dont il donne la valeur numérique. Or la fonction $\frac{M}{\rho a^3}$ a varié sans cesse pendant la formation du système planétaire. En effet, a diminue depuis la planète la plus éloignée jusqu'à la plus voisine du Soleil, et ρ a très probablement augmenté. Si la nébuleuse solaire s'était conservée homogène pendant la contraction du système, ρ eût varié en raison inverse du volume et le produit ρa^3 fût demeuré constant. Mais nous avons admis forcément la préexistence d'une forte condensation centrale; l'accroissement de ρ est donc plus grand vers le centre qu'à la périphérie: donc ρa^3 diminue à la surface extérieure de la nébuleuse. Ainsi il arrivera que, pour une zone abandonnée et pour la nébuleuse planétaire qui en dérive, U sera une fonction croissante qui pourra atteindre et dépasser la limite où l'équilibre cesse d'exister. A partir de là, l'existence de la planète sous forme ellipsoïdale devient impossible.

Or notre système planétaire semble porter aujourd'hui la trace d'un pareil trouble. Les quatre planètes les plus éloignées sont très grosses et de très faible densité, les quatre autres plus petites

et beaucoup plus denses. La matière de la nébuleuse qui a formé les unes et les autres a donc dû à un certain moment subir une modification profonde, qui nous est révélée d'une autre façon par l'existence de l'anneau d'astéroïdes compris entre Mars et Jupiter. La matière extérieure de la nébuleuse restant la même, le rapport U allait en croissant et, après la formation de Jupiter, s'est trouvé trop grand pour qu'une nébulosité ait pu subsister sous forme permanente. Dès lors la substance de l'anneau correspondant, au lieu de s'agglomérer en un grand sphéroïde, a dû se résoudre en nébulosités partielles, se mouvant et se condensant isolément. Le refroidissement rapide de ces petites masses leur a donné bien vite une densité suffisante pour que la fonction U devint inférieure à la limite voulue; elles ont pris une figure d'équilibre et sont devenues des planètes télescopiques. Mais, pour qu'après elles, aient pu apparaître de nouvelles planètes de grande dimension, il a fallu qu'il survînt dans la nébuleuse solaire un changement de densité, peut-être même de nature, suffisant pour que U retombât au dessous de la limite voulue: de là des planètes de densité quatre à cinq fois plus grande que celle des planètes extérieures à l'anneau des astéroïdes.

M. Roche montre ensuite que cette différence des densités est également liée à la différence des durées de rotation; mais cette considération m'éloignerait de mon sujet actuel, et je renverrai le lecteur au Mémoire même de notre savant auteur.

3° *Les planètes nées des anneaux de Laplace devraient avoir un mouvement de rotation rétrograde.* — Cette objection a été surtout mise en valeur par M. Faye, et il importe de la discuter avec soin, d'autant plus qu'elle a été déduite des expressions mêmes employées par Laplace, pour montrer comment le mouvement de rotation a pu être direct.

« Laplace supposait, dit M. Faye (1), que, dans les anneaux nébuleux dérivés du Soleil, ..., le frottement des diverses couches concentriques aurait opéré comme dans l'atmosphère d'une planète, laquelle finit par tourner tout d'une pièce avec le globe central. De la sorte, les couches marginales extérieures auraient eu

(1) *Bulletin de l'Association scientifique de France*, 2^e série, t. VIII, p. 392.