

tances de leur planète incompatibles avec la loi de formation des anneaux de Laplace; 2° les planètes, nées des anneaux extérieurs à la nébuleuse, devraient toutes avoir un mouvement de rotation rétrograde; 3° le Soleil, ou tout au moins la condensation centrale, étant déjà très avancée lors de la formation de la Terre, on ne peut trouver dans les 20 millions d'années de chaleur engendrées par la condensation de la nébuleuse l'espace de temps nécessaire à la succession des périodes géologiques. De là les deux caractères fondamentaux de la nouvelle hypothèse : les anneaux se forment à l'intérieur de la nébuleuse; la Terre et toutes les planètes à rotation directe sont nées avant le Soleil.

La théorie de M. Faye n'a encore été exposée que dans ses grands traits; il serait injuste de lui demander l'explication des détails et d'exiger d'elle la précision que les travaux de M. Roche, de M. Hinrichs et d'autres ont donnée à l'hypothèse de Laplace. Cependant il est possible d'examiner, dès maintenant, quels en sont les avantages et les points faibles; les discussions précédentes me permettront de le faire très brièvement.

Je laisse entièrement de côté la partie de cette hypothèse qui concerne le chaos primitif et la formation des nébuleuses stellaires. J'ai exposé en détail dans l'introduction de ce travail les raisons qui me font croire que l'état actuel de l'Astronomie ne permet pas de fonder une telle cosmogonie générale sur des faits d'ordre purement scientifique. Je me borne donc à l'examen du mode de formation du système solaire, en suivant le même ordre que j'ai suivi dans la discussion de l'hypothèse de Laplace.

1° *Formation des anneaux.* — Je rappellerai d'abord que, dans le système de Laplace, il peut se former des anneaux intérieurs à la nébuleuse, comme l'a montré M. Roche; et que par conséquent la distance à laquelle peut subsister un satellite ou un anneau n'est pas limitée en réalité par la loi qui limite l'atmosphère elle-même. A ce point de vue, la nouvelle hypothèse n'introduit donc aucun avantage réel sur l'ancienne.

Mais elle est évidemment soumise, comme l'ancienne, à l'objection de l'impossibilité de la formation d'anneaux séparés. Ici, plus encore peut-être que dans le cas des anneaux extérieurs, il semble que le mode de génération des circulations intérieures a dû pro-

duire une série continue de condensations circulaires dans le plan de l'équateur primitif. Aucune cause n'apparaît qui ait pu produire les hiatus nécessaires à la formation de planètes séparées. Une multitude de corpuscules planétaires circulant à toutes distances du Soleil, tel semble devoir être le résultat final de la condensation des anneaux intérieurs.

2° *Formation des planètes.* — La difficulté de concevoir la réunion en une masse considérable de la presque totalité de la matière disséminée primitivement sur le pourtour d'un anneau est ici la même que dans la théorie de Laplace. M. Faye dit quelque part que la différence des vitesses linéaires des diverses tranches d'un anneau a dû donner naissance à des tourbillons élémentaires qui, forcés de suivre à peu près la même route avec des vitesses un peu différentes, se rejoindront et se confondront en une masse nébuleuse unique où s'absorbera peu à peu toute la matière de l'anneau (p. 185). Mais je ferai remarquer que, au moins pour les planètes formées sous l'empire de la première loi de pesanteur interne, les vitesses linéaires sont proportionnelles à la distance au centre et que la masse entière, y compris les anneaux, tourne tout d'une pièce; il n'y a donc aucune cause de formation de tourbillons élémentaires, avant la rupture de l'anneau.

3° *Rotation des planètes.* — L'hypothèse nouvelle offre l'avantage de ne pas laisser subsister d'ambiguïté sur le sens possible de la rotation des planètes : toutes sont directes jusqu'à Saturne; Uranus et Neptune, formés sous l'empire de la seconde loi de pesanteur, ont des rotations rétrogrades. Mais j'ai fait remarquer que, dans l'hypothèse de Laplace, la rotation d'une planète, la supposât-on primitivement rétrograde, devient nécessairement directe par suite de la marée énergétique que la condensation solaire engendre dans la nébuleuse planétaire. Les planètes les plus voisines du Soleil ont donc forcément cette rotation; les plus éloignées seules auraient pu échapper à cette loi, de sorte que, dans l'hypothèse même de Laplace, il est permis de concevoir Neptune tournant sur lui-même en sens contraire du sens général des autres mouvements. Or cette planète seule paraît avoir une rotation rétrograde. Uranus tient le plan de son équateur ou perpendiculaire ou incliné à 58° sur le

plan de son orbite : inclinaison dont aucune hypothèse ne peut rendre compte aujourd'hui (1).

Mais, à un autre point de vue, le mode de formation des planètes adopté par M. Faye, qui les divise en deux groupes, l'un à rotation directe, l'autre à rotation rétrograde, me semble être en contradiction avec la classification naturelle de ces astres. La considération des volumes, des masses et des densités, comme celle des durées de rotation, les partage nettement en deux groupes de quatre planètes chacun, séparés par l'anneau des astéroïdes. Comme l'a montré M. Roche, la nébuleuse de Laplace, après avoir conservé une constitution à peu près uniforme dans sa zone extérieure la plus étendue, a dû subir, au moment de la formation des planètes télescopiques ou immédiatement après, un changement brusque en vertu duquel elle a formé ensuite des planètes plus petites, plus denses et tournant plus lentement sur elles-mêmes que les quatre premières. Tous les auteurs qui se sont occupés du système planétaire ont été frappés de ce caractère et ont cherché à plier leurs hypothèses à une explication plausible d'un fait aussi évident. M. Faye paraît n'en pas tenir compte pour ne s'attacher qu'à un caractère unique et même douteux, le sens de la rotation. D'après lui, Saturne et Jupiter ont été formés en même temps et sous l'empire des mêmes lois que les quatre planètes voisines du Soleil. Pourquoi ne leur ressemblent-ils en aucun point? Uranus et Neptune n'ont apparu que beaucoup plus tard. Pourquoi ressemblent-

(1) Dans l'exposition la plus récente de son hypothèse, M. Faye assigne à Uranus une place intermédiaire entre les planètes à rotation directe et Neptune dont la rotation serait franchement rétrograde. « Uranus a dû se former avant Neptune, à une époque de transition où le dernier régime de circulation tendait à remplacer le premier. Il se pourrait donc qu'une rotation, d'abord directe, ait dû devenir ensuite rétrograde pendant la formation de la planète aux dépens de l'anneau. Alors la deuxième tendance, s'exerçant dans des plans un peu différents, par des additions continues non symétriques de matériaux, ait forcé l'équateur de la planète naissante à s'incliner peu à peu sur le plan de l'anneau, de manière à lui devenir perpendiculaire et finalement à dépasser cette position vers le sens rétrograde. C'est effectivement le cas des satellites d'Uranus. La planète, à ce compte, pourrait, et même devrait avoir une rotation rétrograde très lente (p. 203). Cette dernière assertion semble en contradiction avec les résultats de certaines observations récentes de taches, qui assigneraient à Uranus une durée de rotation de 10 à 12 heures.

ils à Saturne et à Jupiter par tout l'ensemble de leurs caractères, masse, volume, densité, spectre, durée de rotation et aplatissement (1)? Cet écart entre la classification naturelle des planètes et celle qui résulterait de l'hypothèse de M. Faye me paraît de nature à infirmer beaucoup la valeur de cette hypothèse par le caractère de système artificiel qu'elle lui impose.

4° *Origine des comètes.* — Les comètes, d'après M. Faye, appartiennent originellement au système solaire, tandis que Laplace en fait des corps étrangers appelés dans ce système par l'attraction du Soleil. Sans prétendre décider entre les deux théories, je ferai remarquer que le petit nombre des comètes reconnues périodiques semble un argument puissant en faveur de l'idée de Laplace, telle qu'elle a été complétée par les travaux de Schiaparelli, de Le Verrier et de tant d'autres.

On voit, en résumé, que les objections qui, après discussion, sont restées debout contre la théorie de Laplace, se représentent avec la même force contre l'hypothèse de M. Faye : difficulté de comprendre comment la matière d'un anneau a pu se rassembler en une planète unique, explication encore à chercher de l'obliquité des axes de rotation des planètes. En plus, il paraît difficile d'admettre la formation d'anneaux séparés ; les distances des planètes ne sont soumises à aucune loi, contrairement à l'opinion générale des astronomes ; et, reproche le plus grave à mon sens, la nouvelle théorie ne respecte pas la classification naturelle des planètes.

En revanche, elle explique mieux que celle de Laplace comment la Terre a eu le temps de parcourir ses longues périodes géologiques ; formée au sein de la nébuleuse encore homogène et très rare, elle devait être arrivée déjà à un état de condensation fort avancée lorsque les matériaux du Soleil futur ont commencé à se réunir. Cependant il ne faut pas oublier qu'elle ne peut pas fournir aux périodes géologiques plus de 20 à 30 millions d'années, tandis qu'au dire de M. Faye lui-même, les géologues demandent au moins 100 millions d'années.

Il paraît donc bien difficile de se prononcer dès à présent en

(1) D'après M. Schiaparelli, l'aplatissement d'Uranus est $\frac{1}{10,94 \pm 0,67}$.

faveur de l'une ou l'autre de ces deux théories. Toutes deux sont sujettes à des difficultés inhérentes à l'hypothèse nébulaire elle-même et à la conception de l'état primitif des planètes sous forme d'anneaux.

L'examen mathématique des conditions de formation et de durée de ces anneaux, aussi bien que de celles de leur dislocation, pourrait nous éclairer sur la possibilité mécanique de l'existence de pareils systèmes, soit à l'intérieur, soit à l'extérieur de la nébuleuse. Les essais tentés dans cette voie ont conduit, il est vrai, à des résultats assez contradictoires; mais ces contradictions semblent tenir aux divergences mêmes des données du problème que les divers auteurs se sont proposé de résoudre. Une étude mécanique absolument générale des conditions d'existence de la nébuleuse et des transformations qu'elle peut subir serait indispensable pour donner à l'hypothèse nébulaire une base plus solide que les raisonnements assez vagues sur lesquels elle repose aujourd'hui. Mais une pareille analyse semble dépasser encore de beaucoup les forces de la Science; et nous serons réduits encore longtemps à présenter les hypothèses cosmogoniques, comme l'ont fait leurs illustres auteurs, « avec la défiance que doit inspirer tout ce qui n'est pas un résultat de l'observation ou du calcul. »

CHAPITRE VI.

RECHERCHES DE M. G. DARWIN.

Dans les hypothèses cosmogoniques que nous avons examinées, l'état du système planétaire est supposé constant : les planètes se sont formées aux distances auxquelles elles sont actuellement du Soleil, les satellites décrivent les mêmes orbites qu'ils décrivaient à l'origine. La stabilité est le caractère de cette création; telle elle est née, telle elle subsiste et subsistera. M. Faye a bien admis sans doute que les anneaux qui ont formé les planètes pouvaient être à des distances du Soleil plus grandes que les rayons moyens des orbites actuelles. « Les planètes intérieures à l'orbite d'Uranus se sont rapprochées du Soleil en même temps que leurs satellites s'éloignaient un peu d'elles » (1). Mais un tel changement ne s'est produit qu'à l'origine, et dans l'avenir, le Soleil pourra dissiper toute son énergie et s'éteindre, la vie disparaître de la surface des planètes : « Quant au système lui-même, les planètes obscures et froides continueront à circuler autour du Soleil éteint (2). »

« Les mouvements purement astronomiques du système continueront indéfiniment » (3). Ce n'est que dans les mouvements de rotation, en dehors de ce déplacement primitif et passager, que nous avons constaté de réels changements depuis la formation de chaque nébuleuse individuelle jusqu'au complet achèvement de l'astre auquel elle a donné naissance. Nous avons trouvé la cause de ces changements dans l'action des marées produites au sein de la nébuleuse satellite par l'attraction du corps central; et il en est ressorti des conséquences de la plus haute importance : je rappellerai l'établissement forcé d'un mouvement de rotation direct des

(1) *Sur l'origine du monde*, p. 193.

(2) *Ibidem*, p. 253.

(3) *Ibidem*, p. 255.