

Zeitschrift: Archives des sciences physiques et naturelles
Herausgeber: Société de Physique et d'Histoire Naturelle de Genève
Band: 24 (1942)

Artikel: Recherches sur la genèse, la nature et l'évolution des plantètes
Autor: Dauvillier, M.A.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-741733>

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: 16.01.2026

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

RECHERCHES
SUR
LA GENÈSE, LA NATURE
ET L'ÉVOLUTION DES PLANÈTES

PAR
M. A. DAUVILLIER

(Avec 12 fig.)

I. — *L'origine du système solaire.*

Un nouvel aspect du problème.
Considérations mécaniques.
L'hypothèse cosmogonique électromagnétique.
L'énergie des électrons solaires.
Nature des planètes.
La formation des satellites.
La rotation des planètes.
Les orbites planétaires.
Les spirales électroniques solaires actuelles.

II. — *La structure et l'évolution des planètes.*

1. Les grosses planètes.
Jupiter.
Particularités des autres grosses planètes.
2. Les petites planètes.
La planète Vulcain.
L'évolution chimique des planètes denses.
La formation des matières organiques.
Particularités des planètes denses.

III. — *La Terre et la Lune.*

Structure interne.
Le relief primitif.
Théorie des remparts lunaires.
L'origine des fosses et des eaux océaniques.
La chaleur interne.
La température interne du globe.
Le volcanisme.
Les séismes et l'orogénèse.
La dérive de la croûte terrestre.

I. — L'ORIGINE DU SYSTÈME SOLAIRE.

Sommaire.

L'auteur montre que le problème de l'origine des planètes est, en fait, inséparable de deux autres, apparemment secondaires, qui sont ceux de l'origine de la Lune, satellite exceptionnel, et des astéroïdes. Ces trois problèmes exigent une solution commune, qui est recherchée dans la production de paires de planètes jumelles. La théorie des marées est seule conciliable avec les exigences de la mécanique céleste, mais elle ne permet pas la distribution de planètes en rotation selon la loi exponentielle de distance au Soleil. L'auteur montre que le problème mécanique se double d'un problème électromagnétique, faisant appel aux propriétés électriques de la matière solaire. Il montre que l'extraction mécanique d'une paire de filaments gazeux issus de la photosphère, sous l'action d'un astre troublant, s'accompagne de l'émission de protubérances chromosphériques engendrant un champ magnétique déterminant la trajectoire des jets coronaux complémentaires. Ceux-ci affectent la forme de spirales logarithmiques, fixant — par rotation électromagnétique — la matière photosphérique, dans le plan équatorial, selon des distances exponentielles. La réunion des masses gazeuses jumelles, raréfiées et refroidies, en révolution autour du Soleil, est précédée d'une contraction portant les plus grosses à un stade pseudo-stellaire éphémère pendant lequel le précédent mécanisme se reproduit pour chacune d'elles en engendrant des satellites distribués selon la même loi. Les planètes denses ne peuvent donc pas avoir de satellites normaux. L'auteur montre que la planéité du système solaire ne peut se concevoir que par l'action directrice du champ magnétique solaire et que les spirales électroniques invoquées ont encore, à l'heure actuelle, une existence réelle, attestée par le caractère de certains effets électromagnétiques produits sur la Terre par le Soleil.

Un nouvel aspect du problème.

Le problème de l'origine du système solaire paraît inséparable de ceux de la formation de la Lune et des astéroïdes, dont il n'est pourtant jamais rapproché. La célèbre théorie des marées de Sir G. H. Darwin se heurte — entre autres difficultés — à l'objection de l'absence de Lunes pour Vénus et Mercure, la résonance ayant cependant dû jouer également, *a fortiori*, à une certaine époque, pour chacune de ces deux planètes. D'autre part, la loi exponentielle des distances planétaires (voir fig. 1) exige sans ambiguïté l'existence temporaire de la planète d'Olbers¹, la fragmentation de celle-ci ayant donné naissance aux astéroïdes, aux comètes, aux météorites et à une partie de la poussière cosmique (étoiles filantes). Or, cette fragmentation s'étant produite à un stade minéralogique avancé, bien précisé, n'a pu être spontanée. Elle ne pouvait résulter que du passage à proximité d'une autre planète, qui n'a pu être ni Mars ni Jupiter. Nous sommes ainsi conduit à une cosmogonie dans laquelle les planètes auraient été produites chacune en deux exemplaires semblables décrivant des orbites *symétriques* — comme les fragments d'anneau dans la théorie de Laplace. En général, ces doubles planètes se seraient bientôt rencontrées et fusionnées au stade gazeux. La formation de la Lune aurait résulté d'un « accident »² survenu lors d'une rencontre plus tardive des deux Terres. Enfin, les deux planètes d'Olbers, par suite de leur très faible masse et de leur très petit volume, ne se seraient frôlées que très tardivement et, étant devenues entièrement solides, n'ont pu que se fragmenter en éclats de toutes dimensions, donnant naissance à presque *toute* la matière solide dispersée dans le système solaire.

¹ Pour la commodité de l'exposition, nous appellerons *Vulcain* cette planète, aucune confusion n'étant possible avec l'hypothétique planète intra-mercurielle dont la loi exponentielle interdit l'existence.

² La réunion de deux masses fluides peut, sous une incidence favorable, s'accompagner d'un accroissement de la vitesse de rotation engendrant la période de Poincaré se scindant selon la théorie de Darwin.

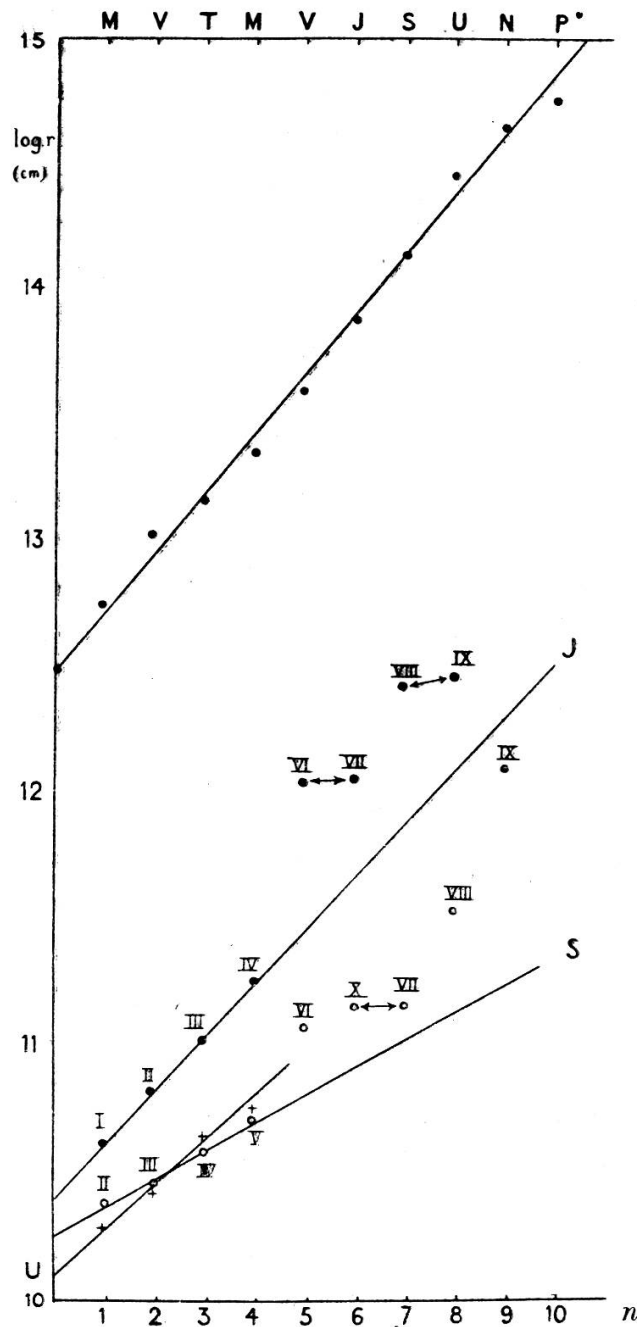


Fig. 1.

Loi exponentielle des distances des planètes au Soleil.
 En ordonnées, logarithmes des distances r , exprimées en centimètres. En abscisses, numéros d'ordre n des planètes.

J, S, U = distances à leur planète des satellites de Jupiter, de Saturne et d'Uranus.

Considérations mécaniques.

La théorie des marées de la formation du système solaire a subi, de Buffon à Jeans, de nombreuses retouches. Elle seule est conciliable avec les exigences de la mécanique céleste. Fouché a fait remarquer (1884) que le moment de rotation des planètes ($3,3 \cdot 10^{50}$ C.G.S.) était 33 fois plus grand que celui du Soleil (10^{49} C.G.S.). Il n'a donc pu être communiqué au système que par une cause extérieure. Nous concevons bien le « frôlement » exceptionnel¹ de deux étoiles — dont notre Soleil — décrivant des orbites hyperboliques et atteignant la vitesse

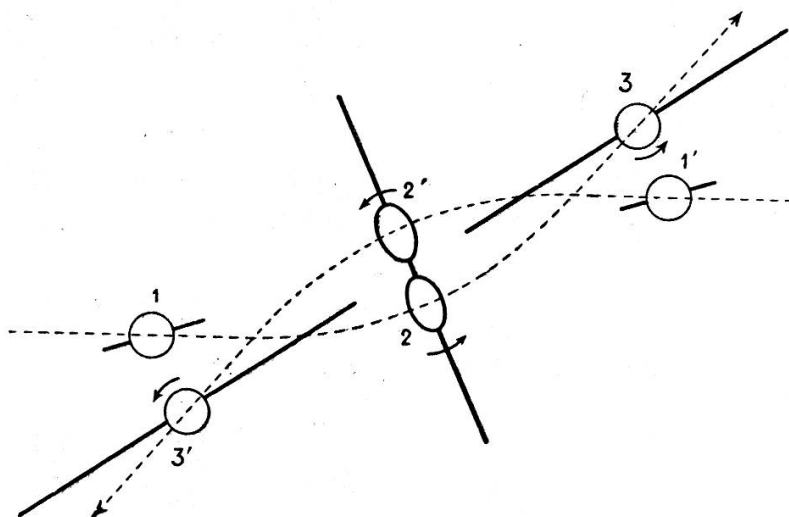


Fig. 2.

Schéma des diverses phases de la « rencontre » de deux étoiles.

maxima de 600 km/sec., ce qui réduit la durée du passage à un temps très court, de l'ordre de celle d'une comète. A cette époque — remontant à moins de 10^{10} ans — le Soleil était sensiblement identique à ce qu'il est aujourd'hui², mais il était dénué de rotation. Les deux étoiles, d'abord sphériques, deviennent bientôt des ellipsoïdes ayant leur grand axe commun. Celui-ci va tourner dans le plan des orbites d'un angle total voisin de π , leur communiquant une *impulsion* qui sera, grâce à leur viscosité, l'origine de leur rotation dans le même sens

¹ Une chance par étoile en 10^{12} ans dans la galaxie, d'après Jeans.

² Au taux actuel de son rayonnement, il n'aurait perdu, durant ce temps, que 1/2000 de sa masse.

(voir fig. 2). En même temps, chaque étoile émet deux protubérances antipodiques situées sur le même axe commun et tournant dans le même sens. Au moment du frôlement, les deux filaments se faisant face se rejoignent: c'est l'« étincelle cosmique » de Bickerton (1878). Ce filament est étiré jusqu'aux confins du système solaire où il se rompt. Chaque étoile emporte ainsi deux filaments symétriques coplanaires tournant avec elle. Il est aisé de vérifier que l'énergie mécanique totale du système solaire actuel — y compris l'énergie de rotation solaire — n'est qu'une très faible fraction (0,023) de l'énergie cinétique actuelle du Soleil et que celle-ci n'aura été réduite que de cette insignifiante quantité. Nous appellerons le sens de rotation décrit par les deux étoiles et leurs filaments le *sens direct*.

Mais, s'il existe 4000 fois plus d'étoiles obscures que de lumineuses (théorie des nova de Lindemann), l'intervalle moyen entre deux « collisions » est réduit et l'astre troublant est très probablement obscur. Le Soleil subit alors les effets décrits tandis que l'astre obscur se rompt.

L'hypothèse cosmogonique électromagnétique.

Malheureusement, la théorie actuelle des marées s'arrête là, car il est manifeste que les filaments de matière photosphérique sont instables et que, loin de se condenser, ils ont tendance à se dissocier par expansion thermique et même à exploser, comme Lyman Spitzer¹ l'a montré. Il nous faut donc trouver un mécanisme assurant la stabilité, au moins temporaire, de ces filaments et, en outre, les fragmentant et les fixant dans le plan qu'ils balayent, selon la loi exponentielle des distances planétaires.

Le problème cosmogonique ne relève donc pas seulement de la mécanique céleste: c'est aussi, à notre avis, un problème d'électromagnétisme, car il fait appel aux propriétés électriques de la matière solaire.

Il est tout d'abord évident que la masse de chacun des filaments — qui auront, au plus, la section du Soleil — étant d'au

¹ *Astr. Journ.*, t. 90, p. 675-688 (déc. 1939).

moins $\frac{1}{2} 2,7 \cdot 10^{30}$ g, sera empruntée à une notable épaisseur de la photosphère (300 km). Elle aura donc une température supérieure à 6000° K. La pression y sera également supérieure à 10 baryes. Ces limites nous montrent quelles seront les propriétés de cette matière: le libre parcours moléculaire y étant moindre que 1 cm, nous aurons affaire à un *plasma* d'une appréciable viscosité, formé d'ions positifs et d'électrons, en un mot, à une matière comparable à la foudre, à l'arc et à la *lumière positive* de nos tubes à vide. P. Villard¹ a montré que les propriétés électromagnétiques d'une telle matière étaient toutes spéciales: ce sont celles d'un *conducteur* métallique extensible chargé positivement.

Mais la photosphère ne va pas seule subir l'action de marée produite par l'astre troublant: la chromosphère va également s'échapper avec une vitesse de l'ordre de 10^8 cm/sec. Ses propriétés sont toutes différentes de celles de la matière photosphérique. Nous avons, cette fois, affaire à un gaz ultra-raréfié (pression de l'ordre de 10^{-8} b, d'après Milne) où le libre parcours ne sera pas inférieur à 10^9 cm. L'impulsion de rotation communiquée à ce gaz, aussi bien qu'aux jets photosphériques, lui fera décrire autour du Soleil des trajectoires équatoriales dans le sens direct qui engendreront un champ magnétique solaire extérieur. Les électrons chromosphériques soumis à ce champ auront tendance à décrire, dans le plan magnétique équatorial, des trajectoires de sens inverse et à se séparer des ions positifs. Il est à remarquer que ces trajectoires ont tendance à *accroître* le champ magnétique équatorial externe. De la séparation magnétique des ions positifs et des électrons, naîtra un champ électrique, faible mais étendu, communiquant aux électrons une grande énergie cinétique. Le Soleil demeurera, au total, électrostatiquement neutre.

Le second résultat de la séparation magnétique des ions positifs chromosphériques sera de produire une forte expansion électrostatique de ceux-ci qui, jointe à leur énergie mécanique, leur fera remplir, tout en tournant, l'espace voisin du plan

¹ P. VILLARD: *C. R.*, t. 142, p. 706 (mars 1906).

équatorial. Les jets photosphériques positifs se propageant dans ce milieu à charge spatiale positive, n'auront plus tendance à se dissocier, mais seulement à s'éloigner du Soleil grâce à leur énergie cinétique.

Nous arrivons donc, finalement, à un système formé par deux jets rectilignes photosphériques antipodiques et symétriques tournant avec le Soleil dans un plan se confondant avec le plan équatorial magnétique solaire. L'origine de ces jets est, en même temps, la source de jets d'ions positifs se diffusant rapidement et de jets électroniques, diamétralement opposés, tournant en sens inverse dans le même plan. Ces jets

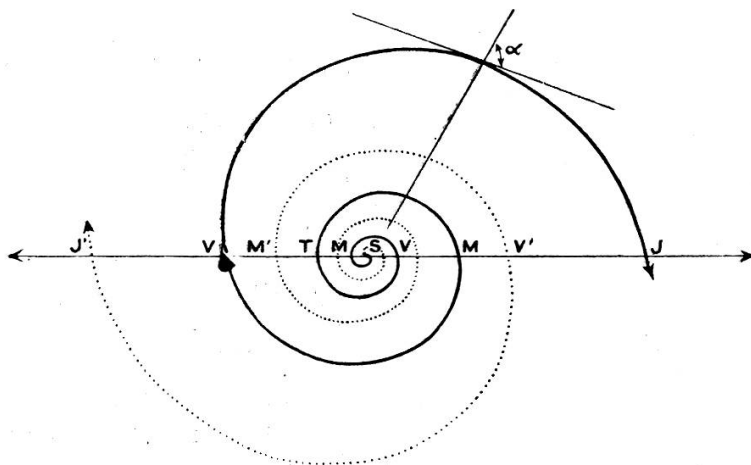


Fig. 3.

Schéma des jets photosphériques, croisés, dans le plan équatorial magnétique solaire, par les deux spirales électroniques logarithmiques.

eux, sont stables et n'ont pas plus tendance à se dissocier que les rayons coronaux ou ceux de l'aurore polaire se propageant dans l'ionosphère. Cherchons quelle sera leur trajectoire.

Admettons que le champ magnétique solaire varie de telle sorte que les trajectoires coplanaires des deux jets électroniques soient deux spirales logarithmiques symétriques, s'enroulant dans le même sens, et rencontrant les deux jets photosphériques à des distances r variant exponentiellement à partir du Soleil (voir fig. 3). Ces points de rencontre seront définis, en coordonnées polaires, par l'équation:

$$r = a^{n\pi}$$



n étant la suite des nombres entiers et a la base du système de logarithmes. Pour chaque spirale, à la même valeur de n correspondront deux points symétriques diamétralement opposés, et $n = 10$, par exemple, sera obtenu par l'enroulement de cinq spires.

Les distances r étant exprimées en centimètres, la figure 1 nous donne la relation linéaire:

$$\log r = 0,236 n + 12,5$$

La base a est alors:

$$\log a = 0,236/\pi = 0,075 \quad \text{d'où: } a = 1,19$$

L'équation de la spirale est donc:

$$r = 1,19^{n\pi} \cdot 10^{12,5}$$

et l'angle α constant de la spirale équiangulaire est:

$$\operatorname{tg} \alpha = \mathcal{M}/\log a = 0,434/0,075 = 5,78$$

d'où:

$$\alpha = 80^\circ .$$

Or, chacun de ces jets cathodiques représente un courant produisant un champ magnétique dont les lignes de force sont des circonférences centrées sur son axe. Nous verrons que les électrons ont assez d'énergie, non seulement pour ne pas retomber sur le Soleil, mais encore pour traverser les jets photosphériques sans subir une absorption complète. En chaque point de rencontre, la matière photosphérique se trouve soumise à un couple électromagnétique qui la fait tourner autour d'un axe normal au plan équatorial: c'est le phénomène de la rotation magnétique de l'arc. Celle-ci s'effectue dans le *sens direct*. Sous cette influence, une partie de l'énergie cinétique du jet se transforme, à chaque rencontre, en énergie de rotation et une partie de la matière se trouve radialement fixée en ces points. Chacun des deux filaments issus du Soleil peut aussi être considéré comme un courant radial dont l'intensité diminue par échelons. Les deux spires cathodiques fixent ainsi dans l'espace

une série de masses gazeuses jumelles symétriques, qui deviendront les paires de planètes exigées par les considérations exposées ci-dessus. Les dix planètes, de Mercure à Pluton, sont engendrées par cinq spires. L'opacité des jets photosphériques diminuant aussi par échelons et la matière étant progressivement extraite du Soleil, les électrons n'ont pas besoin de posséder une énergie supérieure à celle des rayons cosmiques actuels.

Le moindre défaut de symétrie entre les deux spirales cathodiques aura pour effet de faire décrire aux doubles planètes des trajectoires non rigoureusement symétriques, et, d'après la loi des aires, elles se rencontreront au bout d'un temps relativement très court — les durées de révolution étant négligables du point de vue cosmogonique. Elles se fusionneront alors en une masse unique en donnant naissance à des phénomènes différents, selon leur température et leur état physique, dépendant de leur masse et de l'époque de leur rencontre.

L'énergie des électrons solaires.

Les électrons qui constitueront les spirales, primitivement animés de faibles vitesses dans la chromosphère, seront accélérés par le champ résultant de l'entraînement mécanique des ions et de leur séparation magnétique. Pour pouvoir quitter le Soleil dans le plan magnétique équatorial, ils doivent satisfaire à la condition de K. Birkeland ¹: Si l'on désigne par \mathcal{M} le moment magnétique du Soleil et par $\mathcal{H}\rho$, produit de l'intensité \mathcal{H} du champ magnétique par le rayon de courbure ρ de la trajectoire, la *rigidité* des rayons cathodiques, on doit avoir:

$$\mathcal{M}/\mathcal{H}\rho < 1,96 \cdot 10^{22} \text{ u.e.m.}$$

La rigidité des électrons est liée à leur énergie par la relation:

$$\mathcal{H}\rho = \frac{V}{300} \frac{\eta\beta}{\eta - 1} \quad (\text{gauss, volts})$$

¹ K. BIRKELAND: *C. R.*, t. 157, p. 104 (juillet 1913).

V étant la chute de potentiel subie par les électrons, β le rapport v/c de leur vitesse v à la constante, $c = 3 \cdot 10^{10}$ cm/sec. et η l'expression:

$$\eta = \frac{1}{\sqrt{1 - \beta^2}}$$

représentant le facteur d'accroissement de la masse avec la vitesse dans la théorie de la relativité. Dans notre cas, β et $\frac{\eta\beta}{\eta-1}$ sont très voisins de l'unité et la condition de Birkeland peut s'écrire:

$$300 \mathcal{M} < 2 V \cdot 10^{22} .$$

Ces électrons ne seront évidemment pas monocinétiques: leur spectre magnétique d'énergie, dans le plan équatorial, sera une nappe de spirales, mais ce spectre offrira, vraisemblablement, un maximum d'intensité accusé — comme celui de la courbe « en cloche » — et c'est cette valeur qui déterminera la trajectoire de la spirale « effective ».

Cependant, la spirale logarithmique est une courbe qui s'enroule indéfiniment asymptotiquement autour de son pôle sans jamais l'atteindre, tandis que nos électrons sont effectivement issus du Soleil. Leur trajectoire n'est donc plus une telle courbe entre le Soleil et Mercure. La trajectoire doit, dans cette région, être une spirale d'Archimède, telle que $r = b\theta$. Le sens physique de ce changement est que le champ magnétique décroît plus rapidement au voisinage du Soleil, par suite de l'existence de trajectoires d'ions positifs gravitant entre le Soleil et Mercure. Le champ magnétique produit par les trajectoires les plus lointaines se retranche, en effet, du champ produit par les orbites les plus proches du Soleil. Il en résulte que la condition de Birkeland, valable au voisinage du Soleil, ne peut être combinée avec l'équation de la spirale logarithmique et que le problème, qui comporte deux variables indépendantes: le moment magnétique du Soleil \mathcal{M} et l'énergie eV des électrons solaires, demeure indéterminé.

L'hypothèse la plus simple que l'on puisse faire sur la loi de variation du champ magnétique solaire est qu'il varie en $1/r^3$ aux grandes distances de l'astre. Cependant, comme

M. Louis de Broglie a bien voulu nous le faire remarquer, cette loi conduirait à un rayon de courbure de la trajectoire proportionnel à r^3 , incompatible aussi bien avec la spirale d'Archimède qu'avec la spirale logarithmique. Le champ est donc loin de pouvoir être assimilé à celui d'un dipôle central et il doit être considéré comme dû à des trajectoires réparties dans tout le plan du système solaire.

On pourrait encore imaginer un autre mécanisme rendant compte à la fois de la production du champ électrique et du champ magnétique: Si l'extraction d'une matière photosphérique chargée positivement communique une charge négative au Soleil, la rotation de celui-ci produira un champ magnétique de sens inverse à celui du précédent. Si, par exemple, le champ électrique est mille fois plus grand que le champ terrestre ($\frac{dV}{dh} = 10^3 \text{ V/cm}$), la densité σ de la charge négative solaire sera donnée par:

$$-\frac{dV}{dh} = 4\pi\sigma$$

et la charge totale du Soleil — Q sera, S étant la surface du Soleil ($S = 6 \cdot 10^{22} \text{ cm}^2$):

$$-Q = \sigma S = \frac{6 \cdot 10^{22} \cdot 10^3}{4\pi \cdot 300 \times 3 \cdot 10^9} = \frac{1}{2} \cdot 10^{13} \text{ coulombs .}$$

Si nous désignons par T la période de rotation du Soleil ($T = 25 \text{ jours} = 2,2 \cdot 10^6 \text{ sec.}$) et par R son rayon ($R = 7 \cdot 10^{10} \text{ cm.}$), le champ magnétique \mathcal{H} sera à sa surface:

$$\mathcal{H} = \frac{4\pi}{3} \frac{Q}{RT} = \frac{4\pi}{3} \frac{10^{13}}{2 \times 7 \cdot 10^{10} \times 2,2 \cdot 10^6 \times 10} = 1,3 \cdot 10^{-5} \text{ gauss ,}$$

ce qui donne un moment \mathcal{M} :

$$\mathcal{M} = \mathcal{H} R^3 = 4,4 \cdot 10^{27}$$

cinquante fois plus grand que celui du Globe.

Malgré sa simplicité, ce mécanisme ne convient cependant pas, car il donnerait une émission électronique générale du Soleil et le sens de rotation des planètes serait inversé.

Nature des planètes.

Considérons maintenant d'un peu plus près la *structure* des jets de matière photosphérique issus du Soleil. Ces filaments n'étaient pas constitués d'une matière homogène, auquel cas toutes les planètes seraient identiques, mais bien formés chacun de deux fuseaux gazeux différents reflétant la structure de la photosphère: soit, un fuseau principal extérieur, surtout formé de gaz légers, et un filament secondaire intérieur, quatorze fois plus court formé de vapeurs métalliques. Il est, en effet, bien connu (Humboldt) que les planètes se divisent en deux groupes discontinus. Les courbes de masse, de densité, de vitesse de rotation, aussi bien que les aspects et les spectres, montrent que le premier groupe: Mercure-Vulcain, est surtout formé d'un fort noyau de ferro-nickel recouvert d'une scorie de silicates de magnésium et d'aluminium, tandis que le second groupe, Jupiter-Pluton, est formé d'éléments légers. En première approximation, on peut dire que les cinq petites planètes denses sont en fer ($A = 56$), tandis que les cinq grosses peu denses sont d'azote ($A = 14$), ce qui établit le rapport simple 4 entre les masses atomiques moyennes¹. En seconde approximation, la nature des premières nous est donnée par la statistique des analyses chimiques des météorites. Nous poserons, d'une façon générale, que les grosses planètes sont essentiellement constituées des éléments formant les deux premières périodes de la classification de Mendeleef: H, He et C, N, O, tandis que les planètes denses sont surtout formées par les éléments des deux périodes suivantes: Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl, A et K, Ca, accompagnés du groupe du fer: Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, les éléments de numéros atomiques pairs étant, bien entendu, plus abondants, selon la règle de Harkins. Il résulte de cette conception que le fer est, en réalité, beaucoup moins abondant dans la photosphère ($1/300$) que ne semble le montrer la spectroscopie. Nous verrons dans la seconde partie comment cette hypothèse s'accorde avec l'observation.

¹ C'est aussi le rapport des *densités moyennes* des deux groupes: $5,2/1,3 = 4$, en écartant la densité anormale de Saturne, dont nous donnerons l'interprétation plus loin.



La formation des satellites.

La matière photosphérique se refroidissant très rapidement, par suite de sa faible densité et de sa transparence, les ellipsoïdes gazeux auxquels elle donnera naissance se comporteront très différemment selon leurs masses. Si nous calculons, d'après la théorie de Helmholtz, l'énergie W libérée par la contraction, à leur dimension actuelle, de Jupiter et de la Terre par exemple, au moyen de l'expression :

$$W = \frac{3}{5} G \frac{M^2}{R}$$

dans laquelle G est la constante de la gravitation, M la masse et R le rayon du corps céleste, nous trouvons, pour Jupiter, $W = 2.10^{43}$ ergs et, pour la Terre, $W = 2.10^{39}$ ergs, soit une énergie 10^4 fois plus petite. Les très petites planètes, telles que Mercure et la planète d'Olbers, dépassant juste la masse critique au-dessous de laquelle, d'après Jeans, la gravitation devient insuffisante pour éviter la diffusion, se condenseront rapidement en sphères liquides incandescentes, sans passer par le stade stellaire. Il en sera de même pour Mars, Vénus et la Terre, l'élévation de température causée par le travail de contraction étant encore insuffisante pour atteindre ce stade. Au contraire, les grosses planètes, avec une masse cent fois plus grande, s'échaufferont assez pour devenir, durant un temps très court, de petites étoiles temporaires. La théorie d'Eddington montre que, dans ce cas, la masse est encore très insuffisante pour que la pression de radiation joue un rôle appréciable dans l'équilibre interne. Cependant, la température superficielle pourra s'élever, momentanément, jusqu'à celle de la photosphère solaire. La réunion des grosses planètes jumelles s'accompagnera alors de phénomènes de marées, qui reproduiront en petit ¹ les phénomènes que nous avons analysés ci-dessus et qui ont

¹ La masse totale des satellites de Jupiter ne dépasse pas 1/6000 de la masse de la planète, alors que la masse totale des planètes représente 1/700 de celle du Soleil.

abouti à la formation des planètes. Pour chacune d'elles, deux fuseaux photosphériques diamétralement opposés seront croisés, dans leur plan équatorial magnétique, par deux spirales cathodiques symétriques, et les points d'intersection deviendront le lieu de naissance de satellites jumeaux. Ces satellites seront caractérisés par une densité voisine de celle de leur planète et leur distribution selon la loi exponentielle des distances (voy. fig. 1). C'est ainsi que Jupiter a quatre satellites: I, II, III, IV; Saturne également quatre: II, III, IV, V; Uranus quatre et Neptune un. Pluton ne saurait, vu sa faible masse, en posséder aucun.

Il résulte de cette théorie que les petites planètes doivent être dépourvues de satellites et, effectivement, Mercure et Vénus n'en ont pas. Mais la Terre en possède un, énorme, exceptionnel, et Mars en possède deux, au contraire, minuscules, et dont l'un, Phobos, possède une singulière anomalie de révolution. C'est qu'en réalité, *ni la Lune, ni Phobos, ni Deimos ne sont de vrais satellites*. Nous avons vu que nous devons attribuer la formation de la Lune à un accident unique dans le système solaire, ayant eu lieu à la faveur de la réunion des deux planètes jumelles T et T' ayant constitué la Terre ¹. Les pseudo-satellites de Mars sont des astéroïdes capturés, car leur masse est trop faible pour qu'ils aient jamais pu se former par la condensation d'une masse gazeuse isolée. Leur diamètre est estimé à 10 ou 20 km. Si leur densité peut, un jour, être mesurée, on leur trouvera, soit celle des météorites pierreuses: 3,5, soit celle des sidérites: 8,0. Dans ce dernier cas, la preuve de la capture sera établie, car la lithosphère de Mars ne peut avoir une densité supérieure à celle de la Lune: 3,33.

Les satellites supérieurs de Jupiter et de Saturne, — ainsi que leurs satellites *extérieurs rétrogrades* — ne sont pas, non plus, des satellites normaux rentrant dans le cadre de la théorie, mais bien encore des astéroïdes capturés ². Ce fait n'a rien que de

¹ On pourrait identifier la Lune avec la planète T', mais la dissymétrie entre les deux jets photosphériques serait alors bien grande... En ce cas, la survivance de la Lune proviendrait d'une rencontre manquée, suivie de sa capture par la Terre.

² La figure 1, ainsi que le caractère des orbites (coplanéité, incli-

très naturel, la planète d'Olbers ayant gravité entre Mars et Jupiter.

La rotation des planètes.

Nous avons vu que la rotation des planètes était d'origine électromagnétique et que l'énergie de rotation était empruntée à la force vive des jets issus du Soleil. Cette énergie est d'ailleurs très faible devant l'énergie cinétique de la planète. Pour la Terre, par exemple, l'énergie de rotation est: $2,6 \cdot 10^{36}$ ergs, tandis que l'énergie de révolution est: $2,7 \cdot 10^{40}$ ergs. Pour toutes les planètes, la rotation doit s'effectuer dans le sens direct autour d'un axe normal au plan équatorial du Soleil. Dans la réalité, cette condition n'est satisfaite que pour la plus grosse planète du système solaire, l'axe de rotation de Jupiter ne faisant que $2^{\circ},2$ avec la normale au plan de l'écliptique. Nous constatons un écart régulièrement croissant de l'axe des suivantes: Saturne: $28^{\circ},1$; Uranus: $90 \pm 8^{\circ}$; Neptune: $90 \pm 50^{\circ}$. Adoptant le sens direct pour la rotation de toutes les planètes et de leurs satellites, les inclinaisons d'Uranus et de Neptune deviennent respectivement 98° et 140° . Un tel *renversement des axes* de rotation aux confins du système solaire montre l'intervention d'une perturbation régulièrement croissante avec la distance. Cet effet semble dû à la combinaison des *rotations* des planètes jumelles lors de leur réunion, leurs orbites pouvant différer en grandeur et en inclinaison. Les deux fuseaux extérieurs résiduels, extraits par l'effet de marée, seront contenus dans le *nouveau* plan équatorial. Une autre perturbation plausible résulte de la superposition du champ magnétique de l'astre troublant — qui est de même sens. Ce champ peut avoir eu pour effet de déformer la spirale aux confins du système en diminuant son rayon de courbure: ce serait l'origine de l'écart à la loi exponentielle présenté par Pluton. Nous verrons, dans la troisième partie, que l'origine de l'inclinaison des axes des planètes denses est toute différente.

naison, etc.), établissent ce classement sans ambiguïté. Les satellites capturés constituent fréquemment des *couples* provenant de la rupture de l'astéroïde, ayant eu lieu après sa capture. L'anneau de Saturne est également double.

Les masses gazeuses raréfiées, qui constituaient primitivement les planètes, tournaient lentement sur elles-mêmes. Leur vitesse angulaire s'est accrue, conformément au principe de la conservation du moment de la quantité de mouvement, durant leur condensation avec contraction. Alors que les grosses planètes ont une durée de rotation variant régulièrement de 9 h. 50 min. pour Jupiter jusqu'à 15 h. 8 min. pour Neptune, une loi analogue semble avoir été valable dans le premier groupe, Vulcain ayant eu une rotation un peu plus rapide que celle de Mars, et Mercure une rotation un peu plus lente que celle de la Terre. On sait comment l'action des marées solaires a freiné la période de rotation de Mercure jusqu'à égaler celle de révolution. Nous verrons ultérieurement que la durée de rotation de Vénus a dû être, de même, au moins décuplée sous la même influence. Mais, en première approximation, on peut dire qu'à l'origine, la vitesse de rotation dans chaque groupe était sensiblement constante et deux fois plus grande pour les grosses planètes que pour les petites. Cette différence doit être rapportée à leur nature différente. Elle s'expliquerait si la vitesse angulaire de rotation magnétique de l'arc était proportionnelle à la racine carrée de l'inverse de la masse atomique.

Les orbites planétaires.

La théorie exige que toutes les orbites soient contenues dans le plan équatorial magnétique du Soleil, qui se confondait avec son plan équatorial de rotation actuel. Or, ces orbites s'écartent actuellement, au plus, de $6^{\circ} 58'$ et, en moyenne, de $3^{\circ} 38'$ de ce plan. Il n'en est pas moins vrai que le système solaire présente une planéité remarquable qui est à rapprocher de l'aplatissement considérable de la lumière zodiacale dans ce même plan au delà de l'orbite terrestre. La cause est, en effet, la même dans les deux cas et doit être attribuée à l'action d'un champ magnétique extérieur au Soleil. Nous considérons en effet la lumière zodiacale comme le prolongement de la couronne solaire, soit comme l'émission électronique *complémentaire* de l'émission positive protubérantielle actuelle causée par la pression de radiation. Et il paraît bien difficile d'obtenir un

système planétaire aussi parfaitement plan sans faire appel à l'action directrice d'un tel champ magnétique sur les spirales cathodiques fixant le lieu de naissance des planètes aux grandes distances du Soleil ¹.

La circularité remarquable des orbites des plus grosses planètes est une conséquence, comme nous l'a fait remarquer M. H. Camichel, de la combinaison des deux orbites, primitivement elliptiques, symétriques et sécantes, des planètes jumelles. Enfin, étant données l'excentricité et l'inclinaison de l'orbite de Pluton, il est fort possible que les deux planètes de ce nom ne se soient jamais rencontrées et que l'une d'elles reste encore à découvrir.

Bien entendu, les orbites des météorites et des comètes, qui résultent des perturbations subies par les trajectoires des petits fragments, par le passage au voisinage des astéroïdes, pourront s'écarter considérablement de ce plan.

Les spirales électroniques solaires actuelles.

On aura reconnu, dans les jets chromosphériques entraînés dans le sens de la rotation du Soleil, les *protubérances* actuelles et, dans les spirales cathodiques issues de leur base, les *jets coronaux* observables durant les éclipses jusqu'à des distances atteignant dix rayons solaires. On sait comment les protubérances éruptives, formées d'ions positifs, sont chassées hors de la chromosphère: ce sont des « flash » de radiation monochromatique, sélectivement absorbée par les ions Ca^+ , qui leur communiquent les accélérations successives leur permettant de dépasser la vitesse critique d'extraction de la chromosphère. Si les électrons chromosphériques suivaient simplement les jets protubérantiels, ils n'atteindraient qu'une énergie de quelques électron-volts. Mais la pression de radiation agit sélectivement sur les ions positifs en séparant les charges. Il en résulte la création d'un champ électrique faible, mais étendu. Un champ

¹ Cette action avait déjà été soupçonnée par K. Birkeland (*C. R.*, t. 155, p. 892, nov. 1912: Sur l'origine des planètes et de leurs satellites), dans un travail qui, à notre connaissance, est la première, et la seule, tentative de théorie cosmogonique électromagnétique.

aussi faible que le champ terrestre (1 V/cm) régnant sur la hauteur de la chromosphère, soit plus de 10^9 cm , donnerait déjà aux jets coronaux une énergie de 10^9 eV . Nous avons déduit¹, d'une interprétation particulière des phénomènes de l'aurore polaire, que cette énergie pouvait, actuellement, varier de $4 \cdot 10^9 \text{ eV}$ à $3,5 \cdot 10^{10} \text{ eV}$. Elle est, finalement, empruntée à la pression de radiation. Dans notre hypothèse cosmogonique, elle l'est à la force de marée, c'est-à-dire à la gravitation. On sait aussi que les jets coronaux ne sont pas simplement radiaux, mais semblent obéir à un champ magnétique extérieur au Soleil (Bigelow, Störmer), dont l'intensité a été estimée par H. Deslandres, être égale à 10^{-7} gauss, d'après le mouvement hélicoïdal des protubérances hautes. Il en résulte qu'au niveau de la Terre, les jets coronaux sont étalés dans le plan équatorial solaire selon un spectre magnétique d'énergie qui, en particulier, est susceptible de rendre compte des divers caractères des orages magnétiques.

Les hypothétiques spirales cathodiques, auxquelles nous avons fait appel pour obtenir la fixation des planètes selon la loi exponentielle, sont donc réelles. H. Deslandres avait déjà imaginé un mécanisme de ce genre pour rendre compte de la forme des nébuleuses spirales. Mais il n'y avait là qu'une image, car les spires de ces nébuleuses sont construites à une toute autre échelle et sont, en réalité, des amas stellaires distribués selon des spires dues à la force centrifuge. Celles-ci sont alors des spirales d'Archimède et non des spirales logarithmiques. Mais cette idée nous a été suggérée par l'observation réelle d'une demi-spire cathodique solaire: Effectuant des observations d'aurores polaires, durant l'année polaire internationale 1932-1933 sur la côte nord-est du Groenland, nous avons remarqué que les activités magnétique et aurorale obéissaient clairement, durant les premiers mois de 1933, à la période de rotation solaire et qu'elles étaient en *opposition de phase* avec l'activité *apparente* du Soleil². Ce phénomène

¹ A. DAUVILLIER: *Rev. Sc.*, t. 73, p. 73-82 (1935) et *C. R.*, t. 210, p. 177 (1940).

² A. DAUVILLIER: *J. de Phys.*, t. 5, p. 398-412 (1934). Etude des aurores polaires au Scoresby Sund pendant l'année polaire.

remarquable était dû à l'existence d'une unique et forte tache photosphérique, responsable de l'activité, condition permise par le minimum d'activité undécennale alors existant. Cette relation établissait la réalité de la production sur la Terre de phénomènes électromagnétiques dus à un unique jet coronal recourbé selon la première demi-spire d'une spirale, en accord avec la théorie de Deslandres¹ et Birkeland² expliquant le retard variable existant entre le passage au méridien du centre actif troublant solaire et le début de la perturbation terrestre associée. Le rayon de courbure était, dans ce cas, beaucoup plus grand que celui considéré ci-dessus, puisque c'était la Terre au lieu de Mercure qui était rencontrée après une rotation de π . La différence de courbure provenait probablement de l'existence actuelle d'un champ magnétique plus faible³.

Un autre phénomène semble encore s'apparenter avec le mécanisme que nous avons décrit: c'est l'apparition fréquente, signalée par Deslandres, de deux grandes protubérances *antipodiques* inclinées dans le sens de la rotation du Soleil. Bien que l'action de marée exercée par les planètes sur le Soleil soit très faible et que la théorie planétaire de l'activité solaire soit des plus suspectes, il n'y a pas moins là un curieux rapprochement à signaler.

L'hypothèse cosmogonique électromagnétique n'est encore qu'à peine ébauchée, mais elle semble ouvrir une voie nouvelle qui permettra, peut-être, d'échapper aux difficultés mécaniques. Le point faible de cette hypothèse réside dans la genèse du champ électrique accélérant, de manière convenable, les électrons chromosphériques. D'autre part, il semble difficile de donner directement aux jets photosphériques la forme de spirales logarithmiques et d'imaginer un mécanisme capable de les scinder équiangulairement, en transformant leur énergie cinétique en énergie de rotation. Mais ce problème est loin d'être épuisé. (à suivre)

¹ DESLANDRES: *C. R.*, t. 150, p. 70 (janv. 1910).

² BIRKELAND: *C. R.*, t. 150, p. 246 (janv. 1910).

³ Le modèle de la couronne solaire de Störmer et les trajectoires spiralées de Deslandres-Birkeland écartent l'objection de l'absence d'effet Doppler-Fizeau dans le spectre de la lumière zodiacale.