Le centenaire de la découverte de Neptune par Le Verrier

par ALBERT GLODEN
professeur à l'Athénée de Luxembourg

Le centenaire de la découverte de Neptune par Le Verrier

par A. GLODEN, professeur à l'Athénée de Luxembourg

La découverte par le calcul de la planète Neptune réalisée il y a un siècle par Le VERRIER est une date importante dans l'histoire de l'astronomie et de la science en général. Elle a affermi aux yeux de tous la valeur de la science, l'immuabilité de ses lois et elle a consacré d'une manière indiscutable le triomphe du déterminisme scientifique.

Tout le monde s'accorde à reconnaître que le Verrier par cette découverte a fait une œuvre de premier plan. Même les profanes savent ou plutôt devinent qu'il a dû se livrer à des calculs extrêmement nombreux et compliqués avant d'arriver au but.

Pour bien faire ressortir les mérites de Le Verrier, nous allons examiner sa découverte à la lumière des connaissances astronomiques acquises avant lui. La question ne se serait pas posée pour lui si W. HERSCHEL n'avait découvert plus d'un demi-siècle auparavant la planète Uranus et si NEWTON n'avait énoncé sa loi de la gravitation universelle que LAPLACE et d'autres ont appliquée d'une façon admirable à l'étude du mouvement des planètes. Rappelons brièvement la découverte d'Uranus.

Découverte d'Uranus par W. HERSCHEL.

En 1781 l'observateur infatigable que fut W. Herschel, examinant un petit groupe d'étoiles situé dans la constellation des Gémeaux, trouva que l'une d'elles avait un diamètre inusité, il découvrit bientôt que l'objet se déplaçait parmi les étoiles, c'était une planète. La nouvelle planète porta longtemps le nom de Herschel proposé par BODE [1]), mais celui d'Uranus prévalut. La découverte de cette planète nouvelle fut une révolution.

[1]) BODE, astronome allemand (1747—1826); on lui doit la loi (dite loi de Bode) permettant de trouver à peu près les distances des planètes au soleil.

Depuis des milliers d'années on avait considéré le vieux Saturne comme le gardien des frontières du système solaire, et du coup la limite en fut étendue au double environ de la valeur admise jusqu'à cette date. On sait en effet que la distance moyenne de Saturne au soleil est de 9,55 unités astronomiques [2]), celle d'Uranus étant 19,22.

Le problème à résoudre par Le Verrier appartenait à la Mécanique céleste. La seule force entrant en jeu est la gravitation dont la loi avait été énoncée par Newton. Nous allons passer brièvement en revue le problème dit des deux corps, puis le problème des (n + 1) corps et nous examinerons ensuite le problème tout nouveau à résoudre par Le Verrier.

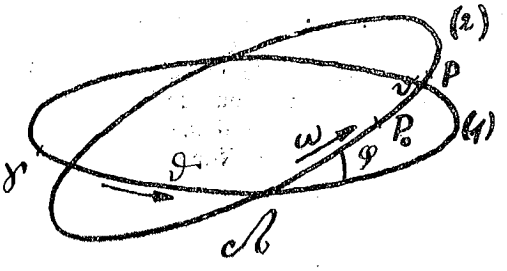


Fig. 1

Problème des deux corps.

Si l'on étudie le mouvement d'une seule planète autour du soleil, on a le problème des deux corps résolu d'une manière complète et rigoureuse par Newton lui-même. Dans le mouvement relatif autour du soleil la planète décrit une ellipse dont le soleil occupe l'un des foyers. KEPLER avait déduit la loi correspondante des observations de la planète Mars et on appelle une telle ellipse une orbite képlérienne.

Pour définir les éléments d'une orbite dans l'espace, considérons l'ellipse (1) représentant l'écliptique et l'ellipse (2) représentant une orbite planétaire. (fig. 1) γ est le point vernal, $\mathcal{N}$ le nœud ascendant et P_0 le périhélie. Les éléments de l'orbite dans l'espace sont:

ϑ, longitude du nœud ascendant $= \widehat{\gamma\mathcal{N}}$;

φ, inclinaison (du plan de l'orbite sur le plan de l'écliptique);

ω, argument de latitude du périhélie $= \widehat{\mathcal{N}P_0}$; [3])

a, demi grand-axe;

e, excentricité numérique. ϑ, γ et ω déterminent la position

[2]) unité astronomique: distance du soleil à la terre.

[3]) Au lieu de donner ω on donne souvent $\vartheta + \omega = \tilde{\omega}$, appelée longitude du périhélie comptée sur l'orbite.

de l'orbite dans l'espace, a et e caractérisent sa forme et sa grandeur.

En outre, il faut connaître la position de la planète à un instant déterminé. On donne la longitude moyenne de la planète à l'époque t. Elle est égale à la somme des trois arcs $\vartheta + \omega + v$, v désignant l'anomalie vraie (voir fig. 2). A ces 6 inconnues il faut ajouter la masse, ce qui fait pour chaque planète 7 inconnues. [4])

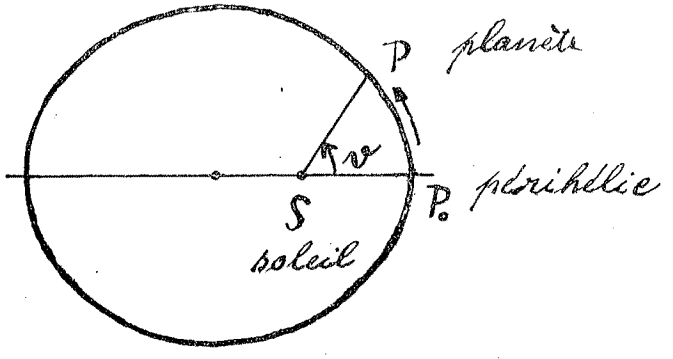


Fig. 2

Problème des (n + 1) corps.

En réalité le problème est plus complexe. Il y a plusieurs planètes, soit n leur nombre, et si l'on veut étudier le mouvement de l'une d'elles, il faut tenir compte de la gravitation exercée par le soleil et les (n—1) autres planètes. C'est le fameux problème des (n+1) corps qui n'est pas résolu d'une façon rigoureuse.

Si les planètes avaient des masses comparables à celle du soleil, il est probable que ni les lois de Képler ni la loi de gravitation n'auraient jamais été découvertes. Heureusement pour la science la masse de toutes les planètes connues n'est que les $\frac{7}{1000}$ de celle du soleil. Il en résulte que, dans un première approximation, on peut regarder chaque planète comme seule en présence du soleil. C'est cette circonstance qui a permis de ré-

[4]) La durée de la révolution autour du soleil T n'est pas à considérer comme inconnue indépendante, elle est liée à a par la 3e loi de Képler:

$$\frac{T^2}{a^3} = \frac{T'^2}{a'^3} = C^{te},$$

T' et a' se rapportant à une deuxième planète.

soudre en astronomie le problème des (n+1) corps par des approximations.

Considérons par exemple le cas des 3 corps: soleil, terre, Jupiter. Si la terre était seule en présence du soleil, elle décrirait une orbite képlérienne. D'après la loi de Newton, comme la masse de Jupiter est environ $\frac{1}{1000}$ de celle du soleil et sa distance à peu près 5 fois plus grande,[5]) l'attraction exercée sur la terre par Jupiter sera $\frac{1}{1000 \cdot 5^2} = \frac{1}{25000}$ de celle du soleil.

C'est ce qu'on appelle une force perturbatrice. Jupiter s'appelle ici la planète troublante, la terre est la planète troublée.

Calcul des perturbations.

Les orbites képlériennes, si parfaites soient elles, ne sont que des approximations. L'orbite troublée se déduit en faisant subir en chaque point des ajustements à l'orbite képlérienne, mais la courbe réelle décrite par la planète n'est pas une ellipse, ce n'est même plus une courbe fermée.

LAPLACE a donné une méthode pour calculer les éléments de la planète troublée, si l'on connaît la masse de la planète troublante et sa distance à la planète troublée. Le problème des perturbations a reçu une solution suffisante pour les applications pratiques. Au calcul des perturbations sont attachés aussi les noms de LAGRANGE et de POISSON.

Pertubations de la planète Uranus.

Après la découverte d'Uranus on avait dressé des tables permettant de prévoir ses positions en tenant compte des perturbations des planètes les plus grosses (et les plus voisines), Jupiter et Saturne. Or, si pour les observations de Jupiter et de Saturne la concordance entre les résultats du calcul et de l'observation était suffisante, il n'en était pas de même pour la nouvelle planète Uranus.

On reconnut qu'Uranus avait été observée avant sa découverte par Herschel 18 fois comme une étoile, entre 1690 et 1771, les premières observations remontant à FLAMSTEED.[6])

En 1821 Alexis BOUVARD du Bureau des Longitudes de Paris publia de nouvelles tables d'Uranus en tenant compte de

---

[5]) La masse de Jupiter et des 9 satellites connus est $\frac{1}{1047,55}$ de celle du soleil, sa distance au soleil en unités astronomiques 5,20.

[6]) FLAMSTEED, Révérend John F., astronome anglais (1646—1719).

toutes les perturbations sensibles produites par les planètes alors connues. A cette occasion il remarqua que les observations antérieures à 1781 donnaient une certaine orbite et que celles postérieures à cette année satisfaisaient à une autre orbite nettement distincte de la première. Il en conclut que les observations avant 1781 avaient été faites avec moins de précision et il ne retint en somme que celles faites après la découverte d'Uranus par Herschel.

A quoi tenait cette impossibilité de concilier les deux séries d'observation? Diverses hypothèses furent émises. D'abord celle d'un milieu résistant freinant la planète. Quelques-uns mirent en doute la loi de la gravitation newtonienne. Bouvard lui-même exprima encore timidement l'opinion que les écarts pouvaient être dus à l'intervention de quelque planète inconnue.

L'opinion première d'A. Bouvard au sujet du manque de précision des observations d'avant 1781 fut infirmée par le fait que ses tables ne représentaient pas plus le mouvement de la planète Uranus qu'avant 1781. Il fallait donc conclure que les écarts (longitude observée — longitude calculée) étaient bien systématiques et non fortuits.

En 1845 Eugène BOUVARD, neveu du précédent, publia les nouvelles tables d'Uranus qu'il avait commencées en 1834 et il revint sur l'opinion exprimée déjà par son oncle que les discordances entre l'observation et la théorie étaient dues à une planète inconnue. Cette planète perturbatrice devait se trouver au-delà d'Uranus, car en deçà elle aurait perturbé aussi Saturne, et pour cette dernière planète il y avait concordance parfaite entre les résultats de l'observation et ceux du calcul.

Le VERRIER (Urbain).
(né à Saint-Lô, 1811, mort à Paris, 1877).

Les calculs relatifs à Neptune.

C'est alors qu'entra en scène Le Verrier. D'abord chimiste il s'était tourné ensuite vers les mathématiques. En 1845 il était répétiteur à l'Ecole Polytechnique. ARAGO, directeur de l'Observatoire de Paris, conseilla au jeune mathématicien, âgé alors de 34 ans, de déterminer la planète inconnue de manière à expliquer complètement le mouvement d'Uranus. Et Le Verrier se consacra à la solution du problème avec une énergie inlassable et une ténacité presque surhumaine.

Pourquoi les Bouvard et d'autres astronomes qui supposaient aussi l'existence d'une planète transuranienne n'avaient-

ils pas attaqué ce problème? C'est qu'il s'agissait d'un problème entièrement nouveau. Etant données une planète et une planète perturbatrice, on savait fort bien calculer les perturbations produites dans le mouvement de la première par la planète troublante, mais personne ne s'était jamais occupé du problème inverse: *Etant données les perturbations produites dans le mouvement autour du soleil d'une planète par une planète inconnue, déterminer les éléments de celle-ci.*

Les perturbations dépendent de la masse et de la distance de la planète perturbatrice à la planète troublée. En tout, et en général, il y a 7 inconnues qui entrent dans les équations données par la Mécanique céleste pour résoudre le problème.

Voici comment Le Verrier s'y prend pour réduire le nombre des inconnues. D'abord il place la planète dans le plan de l'écliptique donnant à son orbite une inclinaison nulle et n'ayant plus à s'occuper du nœud ascendant. Ensuite il la place à une distance suffisante pour qu'elle ne trouble pas Saturne dont le mouvement est très bien déterminé. Suivant la loi de Bode il la place à une distance à peu près double de celle d'Uranus, soit à 38 unités astronomiques, nombre qu'il réduit d'ailleurs dans le courant de ses calculs à 36. Il avait donc posé $\varphi = 0$, il n'avait plus à s'occuper de ♆, et il connaissait la distance au soleil. De la sorte il lui restait 4 inconnues: position du périhélie sur l'orbite, excentricité, position de la planète sur son orbite à un instant donné, sa masse.

Le Verrier, appliquant ensuite les lois de la Mécanique céleste, calcule les éléments de la planète inconnue troublant Uranus de manière à expliquer les divergences entre l'observation et le calcul. Il publie ses résultats au fur et à mesure qu'il les obtient, et le 1er juin 1846 il déclare à l'Académie des Sciences dans un style catégorique et d'une façon solennelle: «La planète qui trouble Uranus existe. Sa longitude vraie sera le 1er janvier 1847 de 325 ° sans qu'il puisse y avoir une erreur de 10 ° sur cette estimation.» Le 31 oaût 1846 il communiqua à l'Académie des Sciences les éléments de la planète Transuranienne. La planète qui fut désignée peu après sous le nom de Neptune était découverte.

Ajoutons que les calculs de Le Verrier relatifs à Neptune durèrent 12 mois. A l'Observatoire de Paris on a l'original qui ne comprend pas moins de 10.000 pages, et il est certain que Le Verrier n'a conservé que les calculs ayant une valeur documentaire.

Tout en calculant les éléments de la nouvelle planète, Le Verrier indiqua sa position dans le ciel et donna en même temps

des indications utiles pour l'observation. Il avait fixé le diamètre apparent à 3",3 et assigné à l'objet la 8° grandeur.

Le 18 septembre 1946 il écrivit à l'astronome allemand GALLE et lui indiqua à la fin de sa lettre les éléments de la planète Transurienne. Galle reçoit la lettre le 23 septembre, et explorant la région du ciel où la planète doit se trouver, la découvre à une longitude supérieure de 52' à celle calculée par Le Verrier. Ainsi les résultats de l'observation confirmèrent les calculs du grand astronome français.

Ajoutons toutefois que les éléments de Neptune calculés par le Verrier diffèrent beaucoup de ceux admis actuellement.[7])

Calculs relatifs à la planète Transuranienne dus à John Couch ADAMS.

En même temps que Le Verrier un jeune astronome anglais, John Couch Adams, se livre à des calculs analogues. Il fait les mêmes simplifications que Le Verrier et termine son travail le 22 septembre 1845. Sa solution fut soumise à AIRY, directeur de l'Observatoire de Greenwich, qui la laissa moisir dans un tiroir. Adams a donné des éléments de la planète Transuranienne différant assez peu de ceux donnés par Le Verrier.

Il avait d'ailleurs remanié sa solution et donné le 2 septembre 1846 des éléments améliorés de l'orbite se rapprochant davantage de ceux calculés par Le Verrier.[8]) Il aurait eu la priorité de la découverte de Neptune sans l'insouciance d'Airy. Mais sa gloire est associée légitimement aujourd'hui à celle de Le Verrier. Il est certain qu'aucun de ces chercheurs n'avait connaissance des travaux de l'autre.

Adams était élève du professeur CHALLIS, directeur de l'Observatoire de l'Université de Cambridge. Ce dernier connaissait les travaux d'Adams et ayant eu connaissance des résultats de Le Verrier, il commença des observations systématiques dans la région du ciel de 323° de longitude le 29 juillet 1946. On constata seulement plus tard que l'objet se trouvait dans les séries d'étoiles observées le 4 et le 12 août. Challis avait l'habitude de réduire ses observations non pas immédiatement, mais plus tard. Il aurait très bien pu associer son nom à celui de Le Verrier à la place de celui de Galle.

---

[7]) Voir p. ex. Informations Rapides de Nouvelles Astronomiques, 12. sept. 1946, page 4.

[8]) Voir ibidem.

Retentissement de la découverte faite par Le Verrier.

L'admiration pour Le Verrier fut presque unanime, toutes les gazettes commentaient sa découverte. A l'Académie des Sciences Arago déclara en réponse à une question qui lui fut posée au sujet de la désignation de la nouvelle planète qu'il ne l'appellerait pas autrement que Le Verrier, mais la tradition mythologique l'emporta et le nom de Neptune prévalut. Le Verrier fut chargé de la direction de l'Observatoire de Paris, après Arago.

Le Verrier qui, soit dit en passant, avait un caractère difficile, eut des détracteurs. Quelques-uns allèrent jusqu'à dire que sa découverte était due au hasard. Il est vrai que 2 points pris sur une droite issue du centre de la terre se projettent au même point de la voûte céleste, alors qu'ils sont à des distances très différentes. (Le Verrier avait trouvé pour le demi grand-axe 36, 154, la valeur admise actuellement est de 30, 10957). Mais si l'on pense que la différence entre la longitude observée et la longitude calculée est inférieure à 1°, on voit l'inanité d'une telle assertion.

Réédition de l'exploit de Le Verrier.

L'exploit de Le Verrier a été réédité par PERCIVAL LOWELL qui dès 1915 avait conclu, en interprétant les irrégularités du mouvement de Neptune, à l'existence d'une planète transneptunienne dont il communiqua les éléments et la position. Elle fut redécouverte par PICKERING en 1919, et le 12 mars 1930 un télégramme du Bureau de l'Union Astronomique Internationale de Copenhague annonça au monde que Clyde TOMBAUGH avait vu dans le ciel la planète que Lowell et Pickering «n'avaient vue qu'au bout de leur plume». La position calculée par Lowell était à 6° de la position réelle.

Importance de la découverte de Le Verrier.

Par sa découverte Le Verrier a donné au monde la certitude de la valeur générale des lois physiques, de leur immuabilité dans l'espace et dans le temps sans laquelle toute science serait impossible. Nous reproduisons ici une phrase du discours que le chimiste J.-B. DUMAS a prononcé aux obsèques de Le Verrier: «... la confiance publique dans les forces de la science s'éleva dès ce moment à un niveau qu'elle n'avait peut-être jamais atteint....».

Si nous admettons aujourd'hui que les lois de l'astronomie et les lois de la nature en général sont immuables, il n'est pas exagéré de dire que c'est un peu à Le Verrier que nous devons cette certitude. C'est à lui que la science doit une de ses plus éclatantes victoires sur la matière.

Luxembourg, le 20 octobre 1946.