



## La découverte de Neptune et le fiasco de Vulcain

par Evariste Sanchez-Palencia, membre de l'Académie des sciences

### Synopsis

*Ce texte ne contient pas des éléments techniques. C'est un grand classique de l'histoire des sciences, la planète découverte par le calcul et trouvée ensuite par le télescope... alors qu'elle avait été vue mais non identifiée à plusieurs reprises. La même méthode a été ensuite utilisée, donnant de résultat faux... la relativité était alors de la partie !*

*Ce texte fait partie d'un ensemble dont le but est de montrer, par des exemples ponctuels de l'histoire, les paradoxes de la découverte et les voies détournées suivies par l'évolution des connaissances. Ces textes sont pris (parfois adaptés) de «Promenade dialectique dans les sciences», par Evariste Sanchez-Palencia, Masson, Paris 2012. Il y a lieu de signaler dans le même esprit le remarquable ouvrage «Causalités et accidents de la découverte scientifique» René Taton, Masson, Paris 1955, malheureusement peu accessible de nos jours.*

La mécanique céleste est l'un des chapitres de la science qui a le plus contribué à l'essor de la science moderne, à la montée en puissance des Lumières et à faire basculer dans la rationalité des mythes et légendes ataviques. Son prestige au début du 19<sup>ème</sup> siècle est immense. La loi de la gravitation de Newton a fait largement ses preuves expliquant les mouvements du Soleil et des planètes de façon unifiée et, surtout, de façon prédictive. Les éclipses de Lune et de Soleil, qui ont par le passé tant alimenté des frayeurs et des croyances en une intervention transcendante dans les mouvements des corps célestes, sont prédites avec une anticipation et une précision remarquables.

Tout cela se fait avec la loi de la gravitation qui conduit à des équations différentielles fort compliquées dont on a trouvé des solutions assez simples correspondant au cas d'un corps céleste attiré par un point ou le mouvement de deux corps (un soleil et une planète ou une planète et une satellite) en attraction mutuelle. Le cas du système solaire entier est très complexe, les solutions étant toujours inconnues de nos jours. Fort heureusement, les planètes sont petites par rapport aux dimensions du Soleil, si bien que, le mouvement d'une planète, la Terre par exemple, autour de celui-ci peut être calculé et prédit avec une précision assez satisfaisante en négligeant la présence des autres corps célestes. Une meilleure précision exige la prise en compte de la présence et des mouvements des grosses planètes, Jupiter et Saturne, dont les mouvements ne sont (pour la même

raison) connus qu'approximativement. On s'en tire en faisant des corrections successives d'approximation croissante; la «théorie des perturbations» permet de réduire et optimiser ces calculs, les rendant viables au prix d'une quantité de travail parfois titanesque.

Les progrès de l'optique pendant le 18ème siècle ont permis la construction de télescopes permettant une meilleure observation des planètes et d'apercevoir nombre d'étoiles invisibles à l'œil nu. En 1781, Herschel découvre ainsi une nouvelle planète du système solaire, Uranus, qui s'ajoute à celles connues depuis l'antiquité. Elle est désormais la planète la plus éloignée du Soleil. Son orbite est immédiatement calculée, puis corrigée en tenant compte des perturbations de Jupiter et Saturne, ce qui rend possible la construction de tables prédisant les positions futures d'Uranus. Mais on s'aperçoit plus tard qu'Uranus n'est pas au rendez-vous des prédictions.

Que se passe-t-il? La théorie classique de la gravitation ne serait-elle pas exacte, ce qui fausserait les calculs de la théorie des perturbations? Ce n'est pas impossible; après tout, le périhélie de Mercure a aussi des mouvements inexplicables. D'autre part, Uranus n'était pas connu avant; il se peut bien qu'il y existe d'autres planètes inconnues dont il faille tenir compte pour étudier les perturbations dans ces parages éloignés du Soleil! La communauté des astronomes est partagée entre ces deux hypothèses. Alexis Bouvard (1767-1843) refait les calculs des perturbations, trouve des erreurs et les corrige... en vain! Les caprices du mouvement d'Uranus sont toujours enveloppés de mystère. Parmi les scientifiques qui à cette époque se sont occupés du mouvement incontrôlé d'Uranus figurent, mis à part Bouvard, le suisse F. W. Bessel (1784 – 1846) et le britannique G. B. Airy (1801 – 1892), ce dernier étant assez sceptique quant à l'existence d'une autre planète inconnue, qui était d'ailleurs activement cherchée sans succès.

Nous en arrivons à 1843, où un tournant se produit: L'hypothèse d'une autre planète perturbatrice a fait son chemin; il se peut bien qu'elle soit difficilement visible de par la nature de son sol, faiblement réfléchissant pour la lumière... Les observations d'Uranus sont désormais suffisamment nombreuses et précises pour avoir une bonne description de ses écarts par rapport à l'orbite prévue. On peut envisager la question sous une forme inédite: au vu des effets produits sur Uranus de l'hypothétique planète, que peut-on dire de celle-ci? Cela s'appelle un problème inverse, a priori bien plus difficile que le problème de perturbation direct et bien plus imprécis puisque pouvant en général avoir plusieurs solutions. Cette difficile recherche est entreprise d'abord par le britannique John Couch Adams (1819-1892), ensuite par le français Urbain Le Verrier (1811-1877), qui utilisent des méthodes et des hypothèses simplificatrices différentes.

Adams, jeune étudiant à Cambridge (alors âgé de 24 ans) aborde la question en 1843. Il travaille pendant deux ans et détermine la masse et les éléments de l'orbite de l'hypothétique planète, qu'il communique le 1er novembre 1845 à Airy, directeur de l'observatoire de Greenwich (Astronomer Royal). D'après nos connaissances actuelles, il est permis de penser que ces éléments auraient été suffisants pour qu'une recherche systématique de la région correspondante du ciel conduise à la découverte de la planète. Mais Airy, sceptique comme nous avons signalé, n'a pas donné suite à la lettre d'Adams et une telle recherche n'a pas été entreprise.

F. Arago (1786 - 1853), directeur de l'observatoire de Paris, propose à Le Verrier d'aborder le problème. Celui-ci met au point une méthode plus efficace et précise, travaille d'arrache-pied et donne

des résultats d'une précision croissante en trois communications à l'Académie des Sciences de Paris les 10/11/1845, 1/6/1846 et 31/8/1846 (on note que la première communication de Le Verrier a été faite neuf jours après la lettre d'Adams à Airy). Mais une recherche systématique de la région concernée du ciel n'est toujours pas entreprise. Il faut reconnaître qu'une telle tâche n'était pas aisée: les étoiles n'étaient pas répertoriées, si bien que la nouvelle planète pouvait très bien être vue mais non pas identifiée en tant que telle; elle pouvait être prise pour une étoile. Seule une comparaison entre deux observations à des dates différentes pouvait départager une planète (en mouvement par rapport à la voûte céleste) d'une étoile (fixe par rapport à celle-ci).

Fort heureusement pour la suite des événements, l'observatoire de Berlin, dirigé par J. F. Encke (1791 – 1865), avait entrepris l'édition de cartes du ciel avec toutes les étoiles visibles à l'aide des instruments de l'époque. Sachant que l'observatoire de Berlin disposait de meilleurs instruments que celui de Paris, Le Verrier écrit le 18/9/1846 à l'astronome berlinois Johan Galle (1812-1910) le saisissant du problème. Cinq jours après, Galle reçoit la lettre et en défère à son supérieur Encke. Ce jour-là (23/9/1846) est sa date d'anniversaire et Encke est pris par une soirée mondaine; il n'est pas question de faire des observations la nuit, mais il donne des instructions à Galle pour qu'il les fasse; de toute façon, le temps est couvert sur Berlin, il n'y a pas lieu de s'attendre à des événements importants.

La nuit tombée, Galle, assisté du jeune astronome H. L. d'Arrest (1822 – 1875), dirige son télescope vers la position signalée par Le Verrier et il parvient à voir le ciel entre deux nuages. Il y a des étoiles, c'est-à-dire, des images ponctuelles, pas le disque caractéristique d'une (proche) planète. Se rappelant que des cartes du ciel étaient en préparation à l'observatoire même, d'Arrest cherche fébrilement la carte de cette région du ciel dans la crainte de l'arrivée d'un nuage et dans l'obscurité pour ne pas gêner l'observation; par un heureux hasard, la carte en question avait déjà été faite dans le programme de l'observatoire. La comparaison semble montrer une différence: le télescope décèle un point lumineux qui ne se trouve pas sur la carte! Mais, peu avant minuit, et avant d'avoir pu confirmer l'observation, le ciel se couvre définitivement. L'anxiété s'installe à l'observatoire jusqu'à la nuit suivante. Le 24/9/1846 à l'approche de la nuit, le ciel est dégagé sur Berlin. La nouvelle planète est cherchée et retrouvée, à une position déplacée par rapport à celle de la nuit précédente: la différence des positions est en accord avec la trajectoire prédite par Le Verrier!

Le retentissement de la découverte est immense, comme le prestige de ses auteurs et de la mécanique céleste. La suite est moins glorieuse. Une dure polémique s'instaure en Europe pour attribuer la paternité de la découverte de la nouvelle planète. Doit-elle être attribuée à Galle, qui l'a vu, à Le Verrier qui a donné les éléments pour la voir, ou à Adams, qui les avait donnés aussi, mais qui n'avait pas été écouté? Arago défend naturellement Le Verrier, avec des accents lyriques: Le Verrier « a vu la planète du bout de sa plume », alors même que les sciences du calcul l'emportent sur celles de l'observation, reléguée au rôle de vérification; un tel bouleversement ne peut être récompensé que par l'attribution du nom de Le Verrier à la nouvelle planète! Finalement la sagesse l'emporte et, suivant la tradition mythologique, elle s'appellera Neptune.

Cette histoire est particulièrement instructive, montrant le rôle des idées qui s'imposent progressivement grâce au travail de nombreux chercheurs. Le succès n'est venu que par une conjonction de circonstances, compétences et moyens complémentaires. La découverte de Neptune

est généralement attribuée à Le Verrier et Galle, mais elle n'a été possible que dans le contexte d'une problématique qui imprégnait le milieu scientifique, contexte dans lequel Adams et beaucoup d'autres retrouvent leur place.

Les travaux d'Adams et de Le Verrier faisaient-ils double emploi? L'un des deux a-t-il travaillé pour rien? Rien n'est moins évident. Il est bien établi à présent que les calculs de Le Verrier étaient bien supérieurs à ceux d'Adams, mais, comme nous avons signalé, il n'est pas impossible que les résultats d'Adams auraient suffi, si l'on avait fait le nécessaire. Est-ce la faute à Airy? Probablement pas. Airy n'était pas acquis à l'idée d'une nouvelle planète; pourquoi aurait-il changé d'avis en recevant une lettre d'un jeune inconnu? Tout haut responsable scientifique reçoit de nombreuses lettres et des travaux plus ou moins extravagants ou qui demandent vérification, impossibles à lire et à gérer autrement qu'en les jetant à la poubelle. On doit savoir que ce qui ressemble le plus à une œuvre géniale est une œuvre de fou. Airy le savait-il? Cela n'aurait pas changé grand-chose, le problème n'est pas de savoir qu'il en est ainsi, mais comment déceler les œuvres géniales! En fait, il y en a vraiment très peu, et il est impossible d'établir des critères pour les déceler. Les génies sont très rares, nul pareil à un autre. Parfois ils s'imposent par des voies détournées. Adams n'aurait pas dû s'adresser à Airy, c'est clair; ce n'est pas une raison pour penser que cette erreur d'aiguillage ait frappé d'inutilité son travail. Il est plus raisonnable de bien réaliser que, si génie il était, il n'était pas le seul, il y avait au moins Le Verrier, peut-être d'autres, et que si l'un ou l'autre n'avaient pas existé, ou même les deux, l'orbite de Neptune aurait été vraisemblablement calculée par quelqu'un d'autre, puis Neptune elle-même vue lors d'une nuit dégagée sur un observatoire. Ou peut-être qu'elle aurait été vue sans que son orbite eût été calculée avant...

Attention! Nous venons de toucher un point du plus grand intérêt pour comprendre ce qu'est la science. Cela s'était déjà produit! On sait à présent que pendant le demi-siècle qui a précédé la découverte de Neptune elle a été vue au moins quatre fois, en la prenant pour une étoile! La plus pittoresque d'entre elles est celle de Lalande (1732-1807) qui, en mai 1795 l'a vue deux nuits consécutives, à deux positions différentes, ce qui correspondait à sa condition de planète, mais Lalande l'a pris pour une étoile, la différence de position étant attribuée à une erreur d'observation! Lalande manquait précisément du contexte nécessaire pour interpréter correctement ses propres observations! Non, ce n'est pas Lalande (ou un autre de ceux qui l'avaient vue) qui a découvert Neptune, mais ceux qui nous l'ont fait connaître dans sa condition de planète, intégrée et comprise au sein d'un réseau structuré!

Quelle a été la suite de ces événements singuliers? Le Verrier, nanti de la plus grande gloire, a régné de façon quasi despotique sur l'astronomie française, échafaudant des idées fantaisistes sur la possibilité de découvrir par le seul calcul des planètes de plus en plus éloignées du Soleil. Il n'en a rien été. Aucune nouvelle planète n'a été découverte jusqu'en 1930, où Pluton a été décelée comme les astéroïdes, par la photographie: une exposition avec une caméra dont le mouvement compense celui de la voûte céleste donnant un point pour une étoile, un trait pour une planète ou un astéroïde. Pluton est très petite, sa faible masse est incapable de perturber de façon significative le mouvement des autres planètes, ce qui la rendait indécélable par la méthode de Le Verrier.

Mais le mouvement d'Uranus n'était pas la seule énigme de la mécanique céleste. J'ai déjà signalé que le mouvement de Mercure, la planète la plus proche du Soleil échappait aussi à des prédictions

correctes, en particulier en ce qui concernait le calcul du mouvement de précession du périhélie de son orbite. Tout naturellement, Le Verrier conçoit l'existence d'une planète encore plus proche du Soleil, dont la présence perturberait le mouvement de Mercure. Mettant en œuvre une version modifiée de sa méthode, il donne le 12 sept 1859 les éléments de l'orbite de l'hypothétique planète. Pour que cette fois-ci il n'y ait pas de controverse, tout est bien ficelé à l'avance, même son nom est prévu: ce sera Vulcain. Activement recherchée par divers observatoires, surtout en France, elle n'a jamais été trouvée. A plusieurs reprises on a cru l'apercevoir tout près du Soleil; il s'agissait de taches solaires... Cette recherche a été petit-à-petit abandonnée et l'hypothétique Vulcain oubliée.

En 1915, A. Einstein (1879 – 1955) donne une explication des anomalies du mouvement de Mercure basée sur des effets relativistes, totalement inconnus du temps de Le Verrier<sup>1</sup>. Finalement la théorie de la gravitation de Newton n'était pas aussi exacte qu'on le pensait; c'était l'autre hypothèse prise en considération du temps de Bouvard et Airy. La grande masse du Soleil modifie la courbure de l'espace dans les régions proches, là où voyage Mercure, pas dans les lointaines contrées où tournent Uranus et Neptune. Qui avait raison, qui avait tort? On ne peut donner que des réponses partielles, entachées de subjectivité et sujettes à des futurs changements.

D'autre part, il convient de réaliser que toutes les considérations qui précèdent s'inscrivent dans la perspective de la prédictibilité des phénomènes astronomiques, qui était effective et confirmée pour les échelles de temps mises en jeu dans les problèmes évoqués. Nous savons à présent que, sur des intervalles de temps incomparablement plus longs, la mécanique céleste (relativiste ou pas) contient des éléments imprédictibles liés à la présence de chaos déterministe. Ces propriétés, initialement découvertes par H. Poincaré (1854-1912) et liées à sa fameuse erreur dans son travail pour le prix du Roi Oscar de Suède, n'ont été vraiment comprises, assimilées et développées qu'après leur redécouverte dans les années 1960 par des méthodes numériques. Mais cette très passionnante aventure scientifique sort du cadre du présent texte.

Le poème « Il n'y a pas d'amour heureux » de L. Aragon (1897 – 1982), popularisé par la chanson homonyme G. Brassens (1922 -1981) nous apprend que « Rien n'est acquis à l'homme, ni sa force ni sa faiblesse »...



**Fig.** Lunette de Fraunhofer de 23 cm d'ouverture utilisée par Galle à Berlin lors de la découverte de Neptune à la position signalée par Le Verrier (1846). Elle se trouve au Deutsche Museum de Munich.

---

<sup>1</sup> En fait, cette explication constituait la première vérification expérimentale de la théorie de la relativité.