



L'ORGANISATEUR DE
LA MÉTÉO EUROPÉENNE

S C I E N C E S & H I S T O I R E

Le Verrier

Savant magnifique
et détesté

James Lequeux

l'Observatoire
de Paris

EDP
SCIENCES

Le Verrier

Savant magnifique et détesté

James Lequeux

Astronome à l'Observatoire de Paris



17, avenue du Hoggar
Parc d'Activité de Courtabœuf, BP 112
91944 Les Ulis Cedex A, France



61, avenue de l'Observatoire
75014 Paris
France

Imprimé en France

Illustration de couverture : Le Verrier découvre la planète Neptune, par Edmond Levis Dupain (1889) : fragment.

Crédit : Observatoire de Paris.

ISBN EDP Sciences : 978-2-7598-0422-1

ISBN Observatoire de Paris : 978-2-901057-61-1

Tous droits de traduction, d'adaptation et de reproduction par tous procédés, réservés pour tous pays. La loi du 11 mars 1957 n'autorisant, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article 41, d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective », et d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation intégrale, ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite » (alinéa 1^{er} de l'article 40). Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du code pénal.

© 2009 EDP Sciences

Sommaire

Avant-propos	VII
Chapitre 1. Les années de jeunesse (1811-1845)	1
Le début de la carrière scientifique	2
Le début de la reconnaissance	9
Premières controverses	12
Chapitre 2. La découverte de Neptune (1845-1846)	19
Le problème du mouvement d'Uranus	20
Le travail de Le Verrier	22
La découverte	31
La concurrence	41
Janus, Oceanus, Neptune ou Le Verrier ?	47
Chapitre 3. L'attente (1847-1853)	53
Le début des hostilités	55
C'est la guerre !	60
Le début de la carrière politique	62
Les petites planètes	68
Chapitre 4. Enfin l'Observatoire !	73
La rupture	74
Le Verrier réorganise l'Observatoire	81
Les instruments d'astrométrie	
à l'Observatoire de Paris	89
Les lunettes astronomiques de l'Observatoire	96
Les télescopes	107
Les observatoires de province	115
Chapitre 5. Le dictateur	123
La vie à l'Observatoire	124
Le Verrier et le Bureau des longitudes	138
L'organisation et les travaux à l'Observatoire	144
L'avance du périhélie de Mercure	162
Chapitre 6. La chute (1870-1872)	171
La montée des hostilités	172
Intermède : l'affaire des manuscrits de Chasles	188

Démission et révocation	193
Le court règne de Delaunay	202
Chapitre 7. Le second règne (1873-1877)	213
Le retour de Le Verrier	214
Encore des problèmes avec le Bureau des longitudes !	219
La nouvelle vie à l'Observatoire	220
Les nouveaux instruments	221
Les catalogues d'étoiles	235
Le passage de Vénus	239
L'achèvement du grand œuvre et la mort de Le Verrier	243
Chapitre 8. Les longitudes télégraphiques	249
Le problème des longitudes et les promesses du télégraphe	250
Le raccordement par télégraphe de Greenwich et de Paris	253
Triangulation et géodésie astronomique	255
La différence de longitude entre Paris et Bourges	258
Autres mesures et nouvelles querelles	261
La nouvelle triangulation de la France	264
Le développement des longitudes télégraphiques	267
Chapitre 9. Le Verrier et la météorologie	273
Les précurseurs	274
Les projets de Le Verrier	284
La tempête de novembre 1854 sur la mer Noire	285
L'organisation du réseau météorologique	288
Difficultés et concurrence	300
Le retour éphémère de la météorologie à l'Observatoire et la création du Bureau central météorologique	302
Le Verrier et la théorie astronomique du climat	306
Chapitre 10. L'héritage de Le Verrier	313
Les oraisons funèbres et les notices nécrologiques	314
La statue de Le Verrier	319
Les centenaires de la naissance de Le Verrier et de la découverte de Neptune	323
Le Verrier et l'astronomie française	326
Appendice 1. La vie et l'œuvre de Le Verrier dans son temps	333
Œuvre et carrière scientifique	333

Appendice 2. Lettres et documents	337
1. Lettre de Le Verrier à Galle, 18 septembre 1846 (extraits)	337
2. Lettre de John Herschel à Le Verrier	338
3. Lettre de G.B. Airy à Le Verrier (notre traduction)	340
4. Lettre de Wilhelm Struve à Le Verrier	341
5. Extraits d'une lettre de protestation de Le Verrier	344
6. Extraits d'une lettre autographe du 1 ^{er} janvier 1874 d'Édouard Stephan à Hippolyte Fizeau	346
7. Lettre de Napoléon III à Le Verrier	347
8. Lettre de Camille Flammarion à Le Verrier	348
9. Lettre de John Herschel à Le Verrier	349
10. Lettre d'Otto Struve à Le Verrier après sa révocation, le 12 février 1970	350
11. Extrait d'un document manuscrit d'Yvon Villarceau, daté de décembre 1866	351
12. Traduction d'extraits d'un article de John Herschel concernant la théorie astronomique du climat	352
Appendice 3. Grandes lunettes et grands télescopes	355
Appendice 4. Mesures magnétiques à l'Observatoire de Paris	357
Les observations	357
La carte magnétique de la France	361
Notes	365
Bibliographie	385
Ouvrages et textes sur Le Verrier	385
Principaux ouvrages et articles consultés	386
Index	389
Liste des crédits	401

Avant-propos

Après un ouvrage consacré à Arago, nous abordons Le Verrier : suite logique, puisque Le Verrier a succédé à Arago à la direction de l'Observatoire de Paris. Mais les deux personnages sont bien différents. Arago est un extraverti sympathique, grand découvreur de talents, qui domine de sa bienveillante autorité toute la physique et l'astronomie française de son époque ; mais c'est aussi un touche-à-tout qui laisse à d'autres le soin d'exploiter ses nombreuses idées. Le Verrier est un introverti austère, au tempérament hautain et dictatorial, aussi opiniâtre dans sa recherche que dans son comportement. Ses rapports humains difficiles l'ont fait détester de beaucoup de ses contemporains, et cela a souvent terni dans le souvenir collectif ses remarquables qualités de scientifique et d'organisateur. Il est moins facile d'être objectif dans son cas que dans celui d'Arago, et c'est pourtant à cela que nous allons nous employer.

Chacun sait que Le Verrier a découvert Neptune « du bout de sa plume » comme disait Arago : découverte d'autant plus remarquable qu'il est venu tard à l'astronomie et s'est formé seul à la mécanique céleste. On a peine à imaginer le retentissement de cette découverte à l'époque, exacerbé en France par le nationalisme puisqu'il y avait compétition entre les deux côtés de la Manche. Mais elle a occulté d'autres aspects essentiels du savant : qui sait encore aujourd'hui qu'il est un des créateurs de la science météorologique ? Ce sont ces aspects auxquels nous voulons rendre justice, sans repousser pour autant dans l'ombre les côtés antipathiques du personnage. La biographie du savant, au sens habituel, n'occupe qu'une place assez réduite dans notre étude, tant elle se confond avec son activité d'astronome. Le premier chapitre est consacré à ses années de jeunesse, années que nous prolongeons jusqu'en 1846, date de la découverte de Neptune : il avait alors 35 ans. La découverte elle-même fait l'objet du chapitre suivant. Le troisième chapitre en décrit les conséquences, positives et négatives, et la carrière politique de Le Verrier. Il est nommé en 1854 à la tête de l'Observatoire de Paris qu'il va réformer profondément : nous examinons cette réforme au chapitre 4, qui détaille les réalisations instrumentales de l'Observatoire. Mais il va bientôt se mettre à dos l'essentiel du personnel, ce qui entraînera une certaine paralysie des activités (chapitre 5), puis sa révocation en 1870 et son remplacement par Charles Delaunay (chapitre 6). Remis en fonction à la suite du décès prématuré de ce dernier en 1872, Le Verrier gouvernera encore l'institution jusqu'à sa mort en 1877 : nous voyons tout cela au chapitre 7. Les chapitres 8 et 9, qui peuvent être lus indépendamment du reste de l'ouvrage, décrivent son action pour la détermination de la position exacte des différents points de la France et de l'Europe, puis pour l'organisation d'un service météorologique qui couvre l'Europe entière. Enfin, le dernier chapitre rappelle l'héritage scientifique de Le Verrier, et comment l'homme et son action ont été perçus jusqu'à aujourd'hui. Quatre appendices résument sa vie et son œuvre dans le contexte de l'époque, reproduisent des textes inédits ou peu connus, donnent une liste des grandes lunettes et grands télescopes de l'époque et décrivent les mesures du champ magnétique terrestre à l'Observatoire de Paris.

Remerciements

Ma gratitude va d'abord à mon épouse Geneviève, ainsi qu'à Charles Ryter, pour leur relecture attentive du texte, qui a été bien amélioré grâce à eux. Je voudrais remercier le personnel de la bibliothèque de l'Observatoire de Paris, tout particulièrement Josette Alexandre, Laurence Bobis, Danièle Destombes, Dominique Monseigny et Robert Zeganadin, pour leur amabilité, leur compétence et leur diligence à accéder à mes nombreuses demandes. Je remercie Astronomy & Astrophysics, Ciel et Terre, les Archives de l'Académie des sciences, la mairie de Saint-Lô, Météo-France, la NASA et la Société astronomique de France pour m'avoir fourni des images ou m'avoir autorisé à en publier. De même, André Berger, Danièle Briot, James Caplan, Yvon Georgelin et William Tobin m'ont ouvert leur collection et donné de précieuses informations. Enfin, je voudrais rendre hommage à la Bibliothèque nationale de France pour avoir créé *Gallica*, incomparable instrument de travail pour l'historien, et à l'*Astrophysics Data Service* (ADS) qui permet d'accéder en ligne à l'essentiel des journaux astronomiques anciens. Le site internet cnum.cnam.fr du Conservatoire national des arts et métiers m'a permis également de consulter des documents anciens intéressants.

Dans les textes cités, j'ai scrupuleusement respecté l'orthographe originale. Je suis responsable de la traduction de la plupart des textes anglais.

Chapitre 1

Les années de jeunesse (1811-1845)¹



La comète Donati, vue
le 4 octobre 1858 au-dessus
de Notre-Dame de Paris.



Figure 1.1. La maison natale de Le Verrier, place du Champ-de-Mars à Saint-Lô.

Urbain-Jean-Joseph Le Verrier est né le 11 mars 1811 à Saint-Lô (Manche), de Louis-Baptiste Le Verrier, « surnuméraire dans l'administration des domaines »², né à Carentan, et de Marie-Jeanne-Joséphine-Pauline de Baudre, son épouse, née à Baudre^a. Carentan et Baudre sont deux communes proches de Saint-Lô ; les grands-parents de Le Verrier étaient eux aussi nés dans la région. Sa maison natale (Fig. 1.1) était une maison bourgeoise assez modeste, témoignant de revenus peu élevés.

D'abord élève au Collège communal de Saint-Lô, Le Verrier entre comme interne au Collège royal de Caen où il étudie les mathématiques de 1827 à 1830. Cette dernière année, il se présente au concours d'entrée de l'École polytechnique, mais il échoue, à la surprise générale car c'est un élève très brillant. Son père se décide à l'envoyer à Paris, à l'Institution Mayer, et vend sa maison pour subvenir aux frais. Après un an d'études sous la direction du mathématicien Choquet, directeur de cette institution, Le Verrier obtient le second prix de Mathématiques spéciales au Concours général et il est reçu à l'École polytechnique en 1831, donc âgé de 20 ans, ce qui est dans la moyenne de l'époque. Il sort huitième de Polytechnique deux ans après, dans le corps des ingénieurs des Tabacs, et suit pendant deux autres années les cours de l'École d'application correspondante, alors située quai d'Orsay à Paris. Les études comportent une forte proportion de chimie, à laquelle notre jeune homme s'intéresse au point de commencer des recherches dans un petit laboratoire qu'il installe chez lui. Dès 1835, il publie un premier article de chimie, puis un autre en 1837.

Le début de la carrière scientifique

Les deux premiers articles de Le Verrier³ concernent les combinaisons du phosphore avec l'hydrogène et avec l'oxygène ; rien d'étonnant à cela, car le phosphore entre dans la constitution des allumettes qui sont du ressort de l'École d'application des Tabacs, laquelle n'est autre que la Manufacture parisienne des tabacs. Un travail très classique donc, bien que les expériences soient dangereuses,

^a Un résumé de la vie de Le Verrier replacée dans le contexte de l'époque fait l'objet de l'Appendice 1.

mené sous la direction de Louis Joseph Gay-Lussac qu'il avait pu connaître à l'École polytechnique. Il est cependant de grande qualité, et sera longtemps cité par les chimistes. Il attire en particulier l'attention de Dulong, amateur d'expériences risquées qui lui ont fait perdre un œil, et du chimiste Balard. Le second article de Le Verrier est écrit alors qu'il a démissionné de l'École des Tabacs, car il aurait dû accepter un poste en province : il reste donc à Paris et vit en donnant des répétitions de mathématiques et en enseignant au collège Stanislas, tout en continuant à travailler avec Gay-Lussac. Il épouse en 1837 Lucile Marie Clotilde Choquet, la fille de son ancien professeur, âgée de 17 ans ; il en a lui-même 26.

Les Le Verrier auront trois enfants :

- Léon, né en 1838, chimiste et ingénieur des chemins de fer de l'Ouest, mort subitement sans descendance en 1876, très probablement par suicide⁴ ;

- Urbain-Louis-Paul (1849-1911), ingénieur des mines, professeur au Conservatoire des arts et métiers et à l'École supérieure des mines. Il aura une fille et deux fils ;

- Marie Geneviève Joséphine *Lucile* (1853-1931), qui épousera en 1875 Lucien Magne, inspecteur général des Monuments historiques, professeur à l'École des beaux-arts et au Conservatoire des arts et métiers. Elle aura deux enfants, tous les deux peintres. Lucile est l'auteur d'un charmant journal⁵, édité en 1994, où l'on trouve des renseignements sur la vie quotidienne des Le Verrier.

Par ailleurs, Le Verrier a une sœur, qu'il utilise pour faire le ménage chez lui après son mariage, puis avec laquelle il se brouille définitivement en 1858. On sait peu de chose sur elle, si ce n'est qu'un bureau de tabac lui est attribué en novembre 1846 lorsqu'elle quitte son frère, et qu'elle est encore vivante, mais pauvre et malade, en 1878.

En 1836, deux postes de répétiteur à l'École polytechnique se trouvent vacants : l'un en chimie et l'autre en astronomie. Le Verrier postule pour le premier, mais c'est Victor Regnault qui l'obtient (il deviendra un chimiste célèbre). Comme Le Verrier a besoin d'argent et est bon mathématicien, il demande alors le second, qu'il obtient. Avec une facilité surprenante, stimulé par une ambition déjà affirmée, il change complètement l'orientation de son travail. Il écrit à son père⁶ :

« En osant accepter des fonctions qui ont été successivement remplies par Arago, Mathieu [Fig. 1.2] et Savary, je me suis



Figure 1.2. Claude-Louis Mathieu (1783-1875). Beau-frère d'Arago, Mathieu deviendra un des ennemis de Le Verrier.

imposé l'obligation de ne pas laisser baisser dans l'estime publique le poste qu'ils ont occupé, et pour cela je dois non seulement accepter, mais rechercher les occasions d'étendre mes connaissances. [...] J'ai déjà franchi bien des échelons ; pourquoi ne continuerais-je pas à monter ? »

Le Verrier devient donc le répétiteur de Félix Savary, grand ami d'Arago dont il a été lui-même le répétiteur de 1828 à 1830, et qui lui a succédé comme professeur. En 1840, Savary tombe gravement malade et Le Verrier le remplace le 11 décembre. Savary se retire à Estagel (Pyrénées-Orientales) dans la maison familiale d'Arago, où il meurt le 15 juillet 1841. Le Verrier ne lui succédera pas, contrairement à ce qui se fait fréquemment, et n'assurera le cours que jusqu'en février 1841 : c'est Michel Chasles qui est nommé « *professeur de Machines et d'Hydraulique, d'Astronomie et de Géodésie* » à l'École polytechnique, et qui assurera ce cours jusqu'en 1850⁷. Il est vrai que Chasles est un géomètre déjà célèbre, qui a dix-huit ans de plus que Le Verrier^b. Ce dernier reste donc répétiteur. Il doit en être affecté, mais il a sa revanche cette année-là en tant que rapporteur de la commission mixte sur la réforme des programmes d'admission et d'enseignement à l'École (nous en reparlerons au chapitre 3). Et puis, Le Verrier est maintenant en contact avec l'astronomie et c'est le plus important.

À cette époque, l'astronomie est centrée sur la position des astres, notamment des planètes, et sur la mécanique céleste qui prédit leur mouvement. Pierre-Simon Laplace (Fig. 1.3), le plus grand représentant de la mécanique céleste en France et dans le monde, est mort en 1827, et il n'y a personne de la même envergure pour lui succéder. Le Verrier, qui n'a guère de complexes, va s'y essayer : selon les termes de Jean-Baptiste Dumas, « *l'héritage de Laplace était libre ; il en prit hardiment possession* »⁸. Il ne mettra que deux années pour présenter à l'Académie des sciences ses premiers travaux en mécanique céleste.

Pour comprendre en quoi consistent ces travaux, nous allons revenir deux siècles en arrière. Johannes Kepler avait établi les lois du mouvement d'une planète sur son

^b Le Verrier aura de nouveau affaire à Chasles, qui s'est ridiculisé en achetant des manuscrits falsifiés, comme nous le verrons au chapitre 6.

orbite, et Isaac Newton les avait expliquées par la gravitation universelle, donc en l'occurrence par l'attraction du Soleil sur la planète. Mais, en fait, les orbites planétaires ne sont pas exactement képlériennes, car la planète subit des perturbations dues aux forces d'attraction des autres planètes. Il est donc nécessaire, si l'on désire connaître l'orbite d'une planète avec précision, de tenir compte de ces perturbations. C'est ce à quoi se sont employés les successeurs de Newton, particulièrement Leonhard Euler, Alexis-Claude Clairaut et Jean le Rond d'Alembert. La question a déclenché de grands progrès en mathématiques : calcul différentiel et intégral, développements en série, séries trigonométriques, etc. Faisant la synthèse de ces travaux, Louis de Lagrange a introduit en 1767 la méthode qui sera perfectionnée par Laplace et utilisée avec des variantes par tous leurs successeurs⁹ ; elle est exposée dans l'encadré 1.1. Elle nécessite l'intégration d'un ensemble d'équations différentielles, qui fait toute la difficulté du problème. On peut essayer de réaliser cette intégration par une méthode analytique, comme on l'a fait longtemps, avant de disposer de gros moyens de calcul numérique. Il faut alors développer en série les termes perturbateurs, ce qui amène à des calculs plus ou moins lourds selon la précision désirée : en effet, la solution s'écarte d'autant moins de la vérité que l'on utilise plus de termes dans les séries (il peut y en avoir des centaines, voire des milliers). La puissance des ordinateurs permet aujourd'hui d'aborder le problème par une méthode numérique en calculant directement la force F qui s'exerce sur la planète sous l'effet des différentes attractions gravitationnelles qu'elle subit, puis son accélération γ à partir de la relation de Newton $F = m\gamma$, m étant la masse de la planète ; on en déduit par deux intégrations successives sa vitesse, puis sa position en fonction du temps. Les méthodes analytiques gardent cependant une valeur de contrôle, car elles permettent d'apprécier la contribution de chacune des forces envisagées, dont les effets ne sont pas mêlés comme dans l'intégration numérique.



Figure 1.3. Pierre-Simon Laplace (1749-1827) âgé, gravure posthume de Harbivillier (1833).

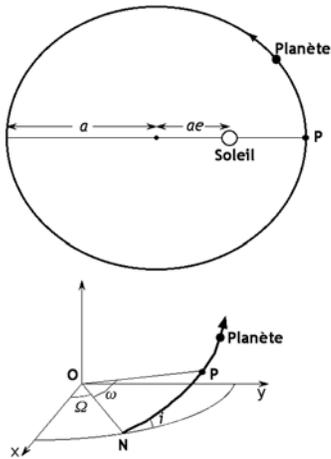


Figure 1.4. Les paramètres de l'orbite d'une planète.

En haut, l'orbite vue du Nord. P est le périastre (en l'occurrence le périhélie), a le demi grand axe et e l'excentricité. En bas, une portion de l'orbite dans l'espace. i est l'inclinaison de l'orbite par rapport au plan de référence xOy , Ω la longitude du nœud ascendant N par rapport à la direction Ox et ω la longitude du périastre P par rapport à N, dans le plan de l'orbite.

Encadré 1.1. Les perturbations de l'orbite d'une planète par les autres planètes¹⁰

On sait depuis Kepler que les planètes décrivent des orbites elliptiques, dont le Soleil occupe un des foyers (Fig. 1.4). Une telle orbite est décrite par six paramètres. Ce sont le demi-grand axe de l'ellipse a , son excentricité e , son inclinaison i sur un plan de référence (qui peut être l'écliptique, c'est-à-dire le plan de l'orbite terrestre), la longitude Ω du nœud ascendant (celle des intersections de l'ellipse avec ce plan de référence pour laquelle la planète se dirige vers le Nord), la longitude ω du périastre (point de l'orbite le plus proche du Soleil) comptée sur cette orbite à partir du nœud ascendant N, et l'instant τ où la planète est passée au périastre. Les lois de la mécanique permettent de connaître la position de la planète sur son orbite au temps t , en fonction de $(t-\tau)$.

Ceci n'est vrai qu'en première approximation : l'attraction gravitationnelle des autres planètes perturbe le mouvement de la planète considérée et déforme son orbite. La méthode analytique généralement utilisée pour résoudre ce problème est la suivante. On considère l'orbite de la planète à un instant donné comme un morceau d'ellipse (on appelle cette ellipse l'*orbite osculatrice*) qui est caractérisée par les 6 paramètres énumérés précédemment, que l'on appelle *éléments osculateurs*. Ces éléments seraient constants s'il n'y avait pas de perturbations. Mais les perturbations occasionnent de petites variations de ces paramètres, que l'on peut évaluer à l'instant considéré à partir de la position et de la masse des autres planètes. Le mouvement de la planète dans l'instant qui suit se fait sur l'orbite ainsi perturbée ; si l'on veut connaître le mouvement pendant un temps plus long, il faut intégrer l'ensemble des équations différentielles qui décrivent la variation temporelle des éléments osculateurs.

Dans son *Traité de Mécanique céleste*, culmination de tous les travaux du dix-huitième siècle, Laplace n'utilise qu'un nombre relativement limité de termes dans les séries décrivant les perturbations, et tout paraît aller bien : le Système solaire semble stable et, même si les paramètres des orbites des planètes varient lentement au cours du

temps, ces variations lentes sont périodiques, quoiqu'avec une période qui peut atteindre plusieurs siècles. Mais on s'est rendu compte (c'est notamment le cas de Siméon Denis Poisson¹¹) que, si l'on introduit des termes d'ordre plus élevé, des difficultés apparaissent : certains éléments paraissent croître au-delà de toute limite, bien que très lentement, ce qui peut faire douter de la stabilité à long terme du Système solaire. De surcroît, il ne paraît pas impossible que Laplace ait oublié certains petits termes. Aussi, même si Laplace était persuadé de cette stabilité, Le Verrier a quelques doutes et va s'employer à la vérifier en considérant le plus grand nombre de termes possible ^c.

Le travail de Le Verrier est terminé en septembre 1839, comme on peut le voir dans le résumé de son mémoire publié le 16 septembre dans les *Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences*¹². On ne peut qu'admirer la maîtrise qu'il a acquise en deux ans d'un sujet particulièrement ardu. Il n'est d'ailleurs guère possible d'en rendre compte ici : nous nous contenterons de remarquer que Le Verrier a reconnu dans le Système solaire des phénomènes périodiques beaucoup plus lents que ne l'avaient vu ses prédécesseurs, certains ayant une période de plusieurs centaines de milliers d'années. La commission chargée de l'examen de son mémoire, constituée de François Arago (Fig. 1.5, encadré 1.2), Félix Savary et Joseph Liouville, en recommande d'ailleurs la publication dans le *Recueil des mémoires des savants étrangers*, c'est-à-dire des savants qui ne sont pas membres de l'Académie des sciences. Mais finalement le mémoire est imprimé dès 1840 dans la *Connaissance des temps* pour 1843 (on peut être surpris de la différence entre ces dates, mais il faut réaliser que les éphémérides que contient la *Connaissance des temps* n'ont d'intérêt pour préparer les observations que si elles sont publiées bien avant la période à laquelle elles se rapportent). Le Verrier relève en passant quelques erreurs dans les travaux de Lagrange, et d'autres beaucoup plus graves dans le *Système analytique du monde* de son contemporain Gustave de Pontécoulant, un chercheur médiocre dont il se fait bien entendu un ennemi (il est en bonne compagnie, car Arago aura aussi affaire à Pontécoulant). Le mémoire conclut à la stabilité du système solaire ; en particulier, la stabilité est acquise sans restriction pour

^c De leur côté, Marie Charles Théodore de Damoiseau en France et Giovanni Plana en Italie font le même type d'étude concernant le mouvement de la Lune.

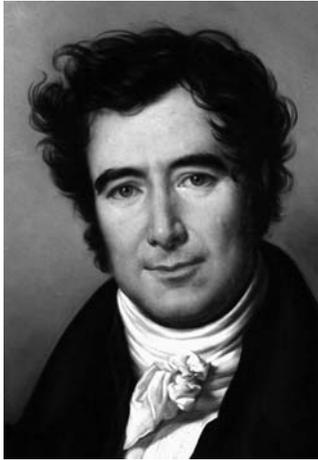


Figure 1.5. François Arago (1786-1853), portrait par Charles Steuben (1832).

les grosses planètes, Jupiter, Saturne et Uranus, un résultat toujours valable aujourd'hui. Mais Le Verrier reconnaît que la mauvaise connaissance des masses de plusieurs planètes rend peu sûres certaines de ses conclusions.

Encadré 1.2. François Arago (1786-1853)¹³

Né dans une famille de petite bourgeoisie, François Arago est remarqué en 1805 à l'École polytechnique par Laplace, qui le fait engager à l'Observatoire de Paris où il restera toute sa vie et qu'il dirigera de 1834 à sa mort. Après d'intéressantes recherches faites seul ou sous la direction de Biot, il part avec ce dernier en Espagne en 1806 pour prolonger jusqu'aux Baléares la mesure d'un arc du méridien de Paris, que Delambre et Méchain avaient arrêtée à Barcelone. Après de nombreuses difficultés et une véritable odyssée à travers la Méditerranée consécutive à la guerre entre la France et l'Espagne, il revient en France en 1809 ayant accompli sa mission et auréolé d'une gloire qui le fait élire à 23 ans à l'Académie des sciences. Suit une période fructueuse où il découvre la polarisation chromatique rotatoire, la nature gazeuse du Soleil et des étoiles, et la polarisation du ciel, de la Lune et des comètes. Il fait connaître le jeune Fresnel et s'associe à lui pour ses travaux sur la théorie ondulatoire de la lumière ; il travaille aussi avec Ampère à l'élaboration de l'électromagnétisme. Élu secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences en 1830, Arago fonde les *Comptes rendus* de l'Académie en 1835 et devient le savant français le plus influent de son époque. C'est aussi un homme politique important, qui joue un grand rôle dans l'éphémère Seconde République qui suit la Révolution de 1848, où il abolit l'esclavage avec Victor Schoelcher et préside quelque temps aux destinées de la France. Il meurt malade et aveugle en 1853.

Encyclopédiste, grand promoteur et vulgarisateur de la science et de la technique, découvreur de talents, Arago suggère à Le Verrier d'étudier les perturbations d'Uranus, ce qui le conduira à la découverte de Neptune, mais il se brouillera avec lui. Le règne d'Arago à l'Observatoire est une période bouillonnante d'idées, mais dont les réalisations sont quelque peu décevantes car il reste constamment sous la coupe du Bureau des longitudes et ne s'entoure pas de collaborateurs dignes de lui.

Des recherches bien postérieures d'Henri Poincaré et des expériences numériques récentes ont montré que les doutes de Le Verrier étaient justifiés : certes le Système solaire peut être considéré comme stable à court terme ; mais à très long terme – il s'agit de beaucoup de milliards d'années – son comportement devient imprévisible (chaotique), surtout en ce qui concerne Mars et Mercure et dans une moindre mesure Vénus et la Terre, tandis que les orbites des grosses planètes sont très stables (Fig. 1.6). Il n'est pas tout à fait impossible par exemple que Mercure soit un jour éjecté du Système solaire¹⁴ !

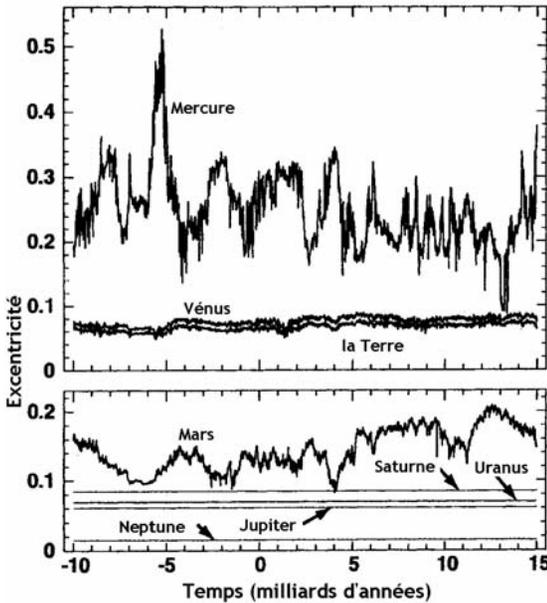


Figure 1.6. Une évolution possible à très long terme du système solaire, d'après une simulation numérique récente de Jacques Laskar. L'excentricité de l'orbite des différentes planètes est portée en fonction du temps. Le zéro de l'échelle temporelle est le temps présent, le calcul porte sur 10 milliards d'années passées (ce qui n'a pas de sens physique avant 4,6 milliards d'années, l'âge du Système solaire) et sur les 15 milliards d'années futures. Comme le Système solaire est chaotique à très long terme, d'autres simulations donneraient des résultats différents, bien que la tendance générale reste la même. On constate que les orbites des quatre grosses planètes sont très stables, celles de la Terre et de Vénus moins stables, tandis que l'excentricité de l'orbite de Mars et surtout de Mercure varie considérablement au cours du temps. Ces variations sont responsables de fluctuations climatiques, notamment sur la Terre et surtout sur Mars.

Le début de la reconnaissance

Son travail met Le Verrier en évidence parmi les astronomes, et on songe à lui pour faire partie du Bureau des longitudes. Cet organisme, créé par la Convention en 1795, a pour mission de « faire fleurir notre marine et [de] favoriser la marine et le commerce par le développement de