

Mécaniques célestes



« L'Atmosphère: Météorologie Populaire » de Camille Flammarion - Paris, 1888, p. 163
(colorisation moderne)

Le cas « Laplace »

1730 1740 1750 1760 1770 1780 1790 1800 1810 1820 1830

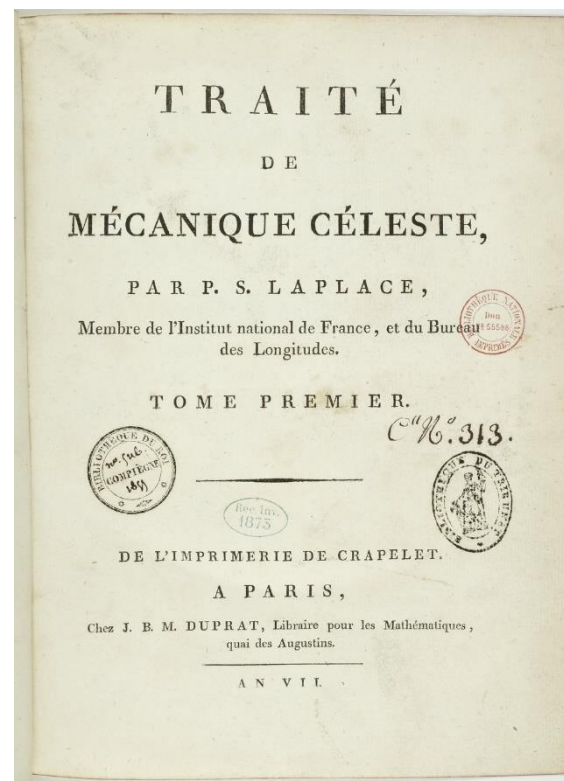
Laplace

Lagrange

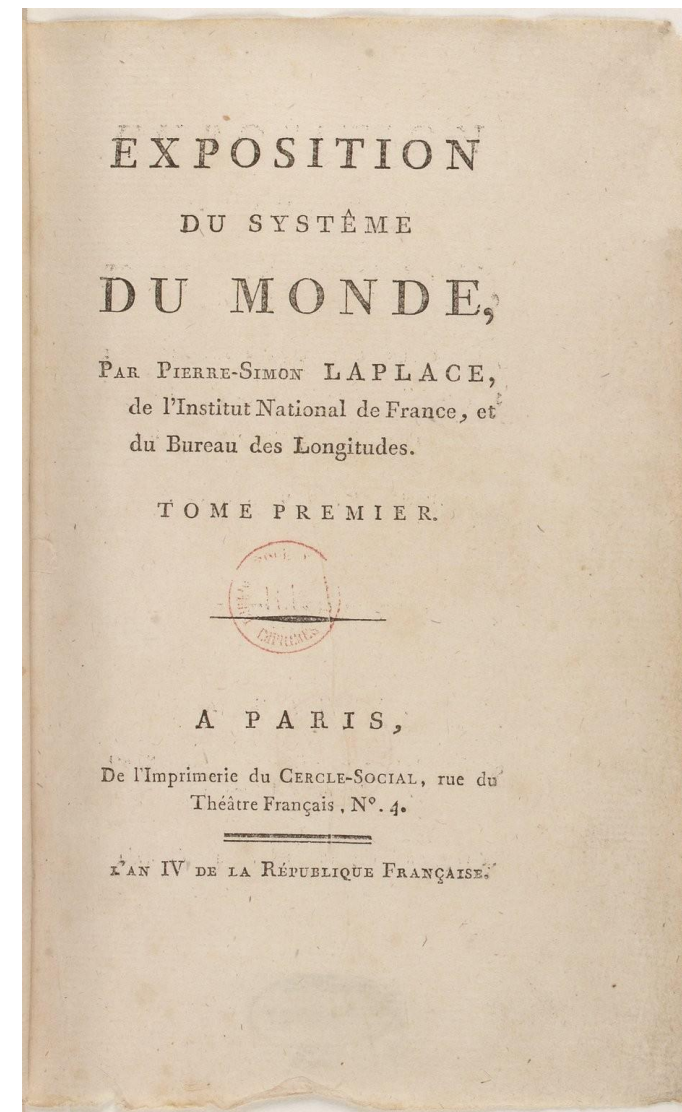
Un personnage controversé !



Portrait de Pierre Simon Marquis de Laplace, par Jean-Baptiste Paulin Guérin en 1838, Château de Versailles



Source gallica.bnf.fr / Bibliothèque nationale de France



Source gallica.bnf.fr / Bibliothèque nationale de France

Synthèse de cours,
ouvrage de vulgarisation, de nombreuses idées y sont proposées...

EXPOSITION
DU SYSTÈME
DU MONDE,

PAR PIERRE-SIMON LAPLACE,
de l'Institut National de France, et
du Bureau des Longitudes.

TOME PREMIER.



A PARIS,

De l'Imprimerie du CERCLE-SOCIAL, rue du
Théâtre Français, N°. 4.

L'AN IV DE LA RÉPUBLIQUE FRANÇAISE.

AVERTISSEMENT.

J'adopterai dans cet ouvrage, la division du quart de cercle, en cent degrés, du degré, en cent minutes, de la minute, en cent secondes, etc. J'adopterai pareillement, la division du jour, en dix heures, de l'heure en cent minutes, de la minute en cent secondes, etc. Le thermomètre auquel je rapporterai les températures, est le thermomètre à mercure, divisé en cent degrés, depuis la température de la glace fondante, jusqu'à la température de l'eau bouillante sous une pression équivalente au poids d'une colonne de mercure, de deux pieds et un tiers de hauteur. Enfin,

je rapporterai toutes les mesures linéaires, au pied, ou à la sixième partie de la toise de fer, qui a servi à la mesure de la terre, au Pérou, cette toise étant supposée à la température de seize degrés du thermomètre précédent.

L'exemple des astres invisibles

(305)

aussi sensibles à la distance qui nous en sépare ; et combien ils doivent surpasser ceux que nous observons à la surface du soleil ? Tous ces corps devenus invisibles , sont à la même place où ils ont été observés , puisqu'ils n'en ont point changé , durant leur apparition ; il existe donc dans les espaces célestes , des corps obscurs aussi considérables , et peut être en aussi grand nombre , que les étoiles. Un astre lumineux de même densité que la terre , et dont le diamètre serait deux cents cinquante fois plus grand que celui du soleil , ne laisserait en vertu de son attraction , parvenir aucun de ses rayons jusqu'à nous ; il est donc possible que les plus grands corps lumineux de l'univers , soient par cela même , invisibles. Une étoile qui , sans être de cette grandeur , surpasserait considérablement le soleil ; affaiblirait sensiblement la vitesse de la lumière , et augmenterait ainsi l'étendue de son aberration. Cette différence dans l'aberration des étoiles ; un catalogue de celles qui ne font que paraître , et leur position observée au moment de leur éclat passager ; la détermination de toutes les étoiles changeantes ,

Tome II.

V

(306)

et des variations périodiques de leur lumière ; enfin les mouvemens propres de tous ces grands corps qui , obéissant à leur attraction mutuelle , et probablement à des impulsions primitives , décrivent des orbites immenses ; tels seront , relativement aux étoiles , les principaux objets de l'astronomie future.

Il paraît que ces astres , loin d'être disséminés à des distances à-peu-près égales , dans l'espace ; sont rassemblés en divers groupes formés chacun , de plusieurs milliards d'étoiles. Notre soleil et les plus brillantes étoiles font probablement , partie d'un de ces groupes , qui vû du point où nous sommes , semble entourer le ciel , et forme la voie lactée. Le grand nombre d'étoiles que l'on voit à-la-fois , dans le champ d'un grand télescope dirigé vers cette voie , nous prouve son immense profondeur qui surpasse mille fois , la distance de Sirius à la terre. En s'en éloignant , elle finirait par offrir l'apparence d'une lumière blanche et continue , d'un petit diamètre ; car alors , l'irradiation qui subsiste , même dans les plus forts télescopes , couvrirait et ferait disparaître les intervalles des étoiles ; il est

innombrables soleils répandus dans l'immensité de l'espace , à un éloignement de nous tel que le diamètre entier de l'orbite terrestre , observé de leur centre , serait insensible. Plusieurs étoiles éprouvent , dans leur couleur et dans leur clarté , des changements périodiques remarquables qui indiquent à la surface de ces astres de grandes taches , que des mouvemens de rotation présentent et dérobent alternativement à nos regards. D'autres étoiles ont paru tout à coup et ont ensuite disparu , après avoir brillé pendant plusieurs mois d'un vif éclat. Telle fut l'étoile observée par Tycho Brahe en 1572 , dans la constellation de Cassiopée. En très peu de temps elle surpassa la clarté des plus brillantes étoiles et de Jupiter même ; on la voyait en plein jour. Sa lumière s'affaiblit ensuite , et elle disparut seize mois après sa découverte. Sa couleur éprouva des variations considérables : elle fut d'abord d'un blanc éclatant , ensuite d'un jaune rougeâtre , et enfin d'un blanc plombé comme Saturne. Quels changements prodigieux ont dû s'opérer sur ces grands corps , pour être aussi sensibles à la distance qui nous en sépare ! Combien ils doivent surpasser ceux que nous observons à la surface du Soleil , et nous convaincre que la nature est loin d'être toujours et partout la même ! Tous ces astres devenus invisibles n'ont point changé de place durant leur apparition. Il existe donc dans l'espace céleste des corps opaques aussi considérables et peut-être en aussi grand nombre que les étoiles.

Il paraît que , loin d'être disséminées à des distances à peu près égales , les étoiles sont rassemblées en divers groupes , dont quelques-uns renferment des milliards de ces astres. Notre Soleil et les plus brillantes étoiles font probablement partie d'un de ces groupes , qui , vu du point où nous sommes , semble entourer le ciel et forme la Voie lactée. Le grand nombre d'étoiles que l'on aperçoit à la fois dans le champ d'un fort télescope dirigé vers cette Voie nous prouve son immense profondeur , qui surpasse mille fois la distance de Sirius à la Terre , en sorte qu'il est vraisemblable que les rayons émanés de la plupart de ces étoiles ont employé un grand nombre de siècles à venir jusqu'à nous. La Voie lactée finirait par offrir , à l'observateur qui s'en

Tome 2 du système du monde

<https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k1050382f/f304.double>

Tome 6 des oeuvres complètes



On the Means of Discovering the Distance, Magnitude, &c. of the Fixed Stars, in Consequence of the Diminution of the Velocity of Their Light, in Case Such a Diminution Should be Found to Take Place in any of Them, and Such Other Data Should be Procured from Observations, as Would be Farther Necessary for That Purpose. By the Rev. John Michell, B. D. F. R. S. In a Letter to Henry Cavendish, Esq. F. R. S. and A. S.

John Michell

Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Volume 74 (1784), 35-57.

Stable URL:
<http://links.jstor.org/sici?sici=0261-0523%281784%2974%3C35%3AOTMODT%3E2.0.CO%3B2-A>

42 *Mr. MICHELL on the Means of discovering the*

16. Hence, according to article 10, if the semi-diameter of a sphere of the same density with the sun were to exceed that of the sun in the proportion of 500 to 1, a body falling from an infinite height towards it, would have acquired at its surface a greater velocity than that of light, and consequently, supposing light to be attracted by the same force in proportion to its vis inertiae, with other bodies, all light emitted from such a body would be made to return towards it, by its own proper gravity.



Le révérend Mitchell est décédé en 1793...

Michell (1784) Densité : 1,4 g/cm³, Rayon : 500 R_⊙

Laplace (An IV) Densité : 5,5 g/cm³, Rayon : 250 R_⊙
 1796

$$v_{\ell}^2 = \frac{GM}{R} = \frac{4}{3}\pi G\rho R^2$$

Le rayon du soleil et sa masse étaient bien connus depuis que Picard avait bien estimé l'unité astronomique.

Résultat identique : $v_{\ell} = 2,9 \times 10^8$ m/s (la densité est divisée par 4 et le rayon multiplié par 2)

Un astre lumineux de même densité que la terre, et dont le diamètre serait deux cents cinquante fois plus grand que celui du soleil, ne laisserait en vertu de son attraction, parvenir aucun de ses rayons jusqu'à nous ; il est donc possible que les plus grands corps lumineux de l'univers, soient par cela même, invisibles.



Portrait of Pierre-Simon de Laplace, impression sur papier à partir d'une gravure de James Posselwhite du milieu du XIXe, Collections de la Royal Society

La contribution de Laplace à la représentation du monde est tout de même notable :

Théorie des marées en complément de celle de Newton

Hypothèse de la nébuleuse selon laquelle le Système solaire se serait formé par condensation

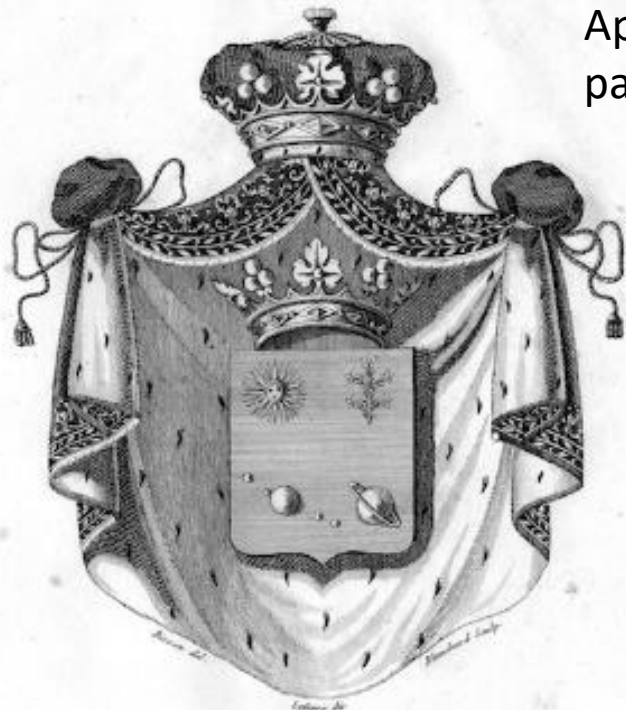
« Sire, je n'ai point eu besoin de cette hypothèse ! »

Etude de la stabilité du système solaire en complément de l'œuvre de Lagrange

Approche des problèmes gravitationnels (figure de la terre)
par des potentiels à la suite des travaux de Lagrange

**Laplace s'est investi dans la
formation d'étudiants.**

**Laplace est enfin le fondateur
de l'école déterministe.**



*Pierre-Simon de Laplace, Marquis DE LA PLACE, Pair de France,
Grand Officier de l'Ordre Royal de la Légion d'honneur*

Armoiries de Pierre-Simon de Laplace, Pair de France, Grand Officier de l'Ordre Royal de la Légion d'honneur - gravure de Bisson del., Lefevre dir., Blanchard sculp



Portrait of Pierre-Simon de Laplace, impression sur papier à partir d'une gravure de James Posselwhite du milieu du XIXe, Collections de la Royal Society



Pierre-Simon Laplace
(1749-1827)

Essai philosophique sur les probabilités, 1814

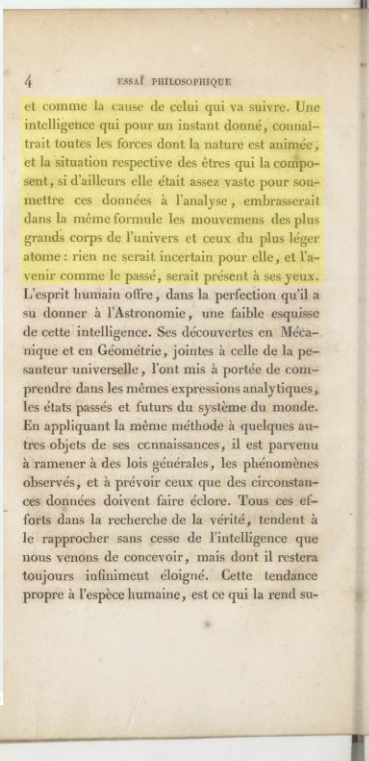
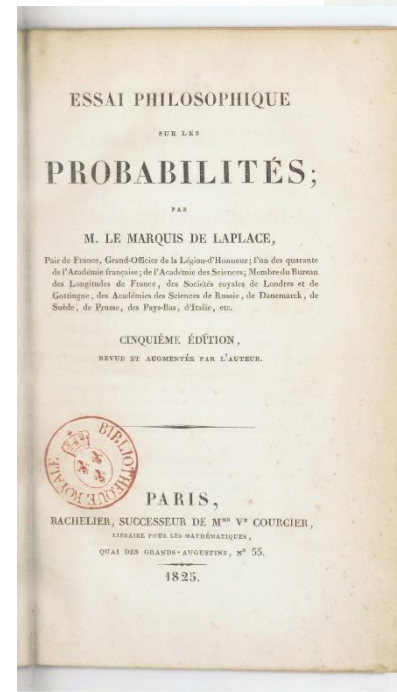
Le déterminisme Laplacien

Fondé sur la notion de causalité physique

« L'état présent de l'univers est l'effet de son état antérieur, et comme la cause de celui qui va suivre.

Une intelligence qui, *pour un instant donné*, connaîtrait *toutes* les forces dont la nature est animée et la *situation respective* des êtres qui la composent [...] embrasserait dans la même formule tous les mouvements : rien ne serait incertain pour elle... »

Fonde la théorie des probabilités (palliatif à la connaissance exacte)



Positivisme scientifique



Auguste Comte
(1797-1857)
X promo restauration

L'activité scientifique ne doit s'effectuer que dans le seul cadre de l'analyse des faits réels vérifiés par l'expérience.

L'esprit humain peut formuler les lois et les rapports qui s'établissent entre les phénomènes et ne peut aller au-delà

... on ne pourra jamais déterminer la composition chimique du soleil...

Le pragmatisme



Ernst Mach
(1838-1916)

L'hypothèse atomique est injustifiée
Elle n'est pas assez économique
Modèle énergétique

On vivait une époque déterministe formidable en astronomie ...

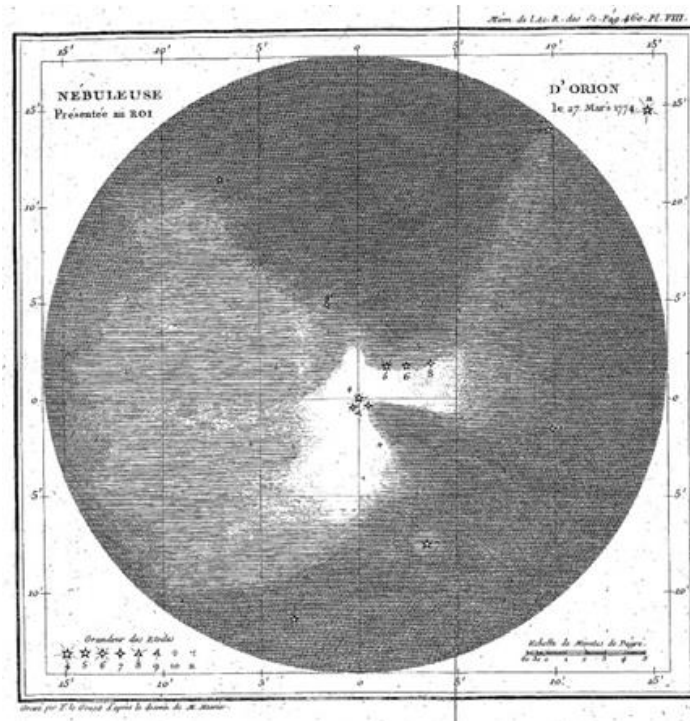
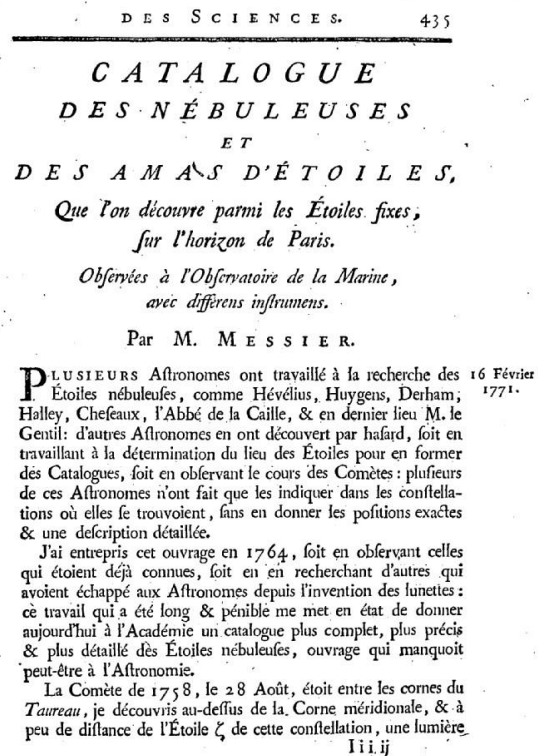
En 1781 William Herschel, l'astronome musicien, découvre Uranus par une étude systématique du ciel avec un télescope de 7 pieds. Cet objet avait été plusieurs fois pris pour une étoile...



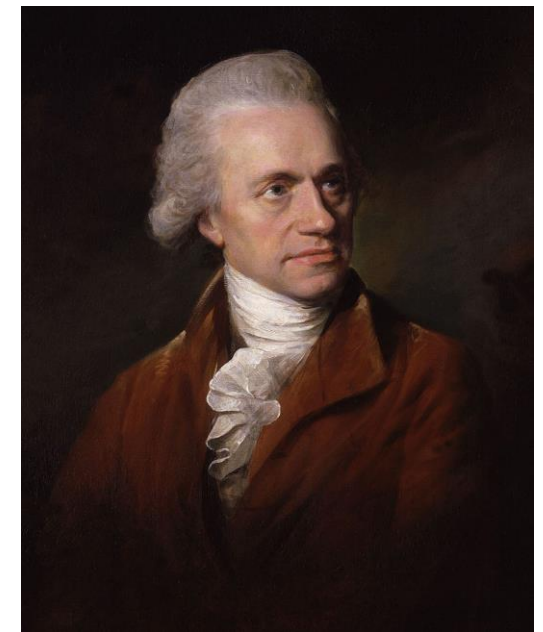
Le débat sur l'attribution du nom dure 70 ans :
Georgium Sidus → Planète Herschell → Uranus

Herschell avec sa sœur était un grand chasseur de comètes !

Les grandes classifications sont dans l'air du temps



Charles Messier, astronome français, à l'âge de 40 ans, portrait par Jean-Joseph Ansiaux vers 1770



William Herschell par Lemuel Francis Abbott en 1785
National Portrait Gallery de Londres



Réplique du télescope utilisé par Herschel pour découvrir Uranus
(exposée au Musée d'astronomie Herschel, Bath)

Uranus se trouve à l'endroit prévu par la relation de Titius-Bode...

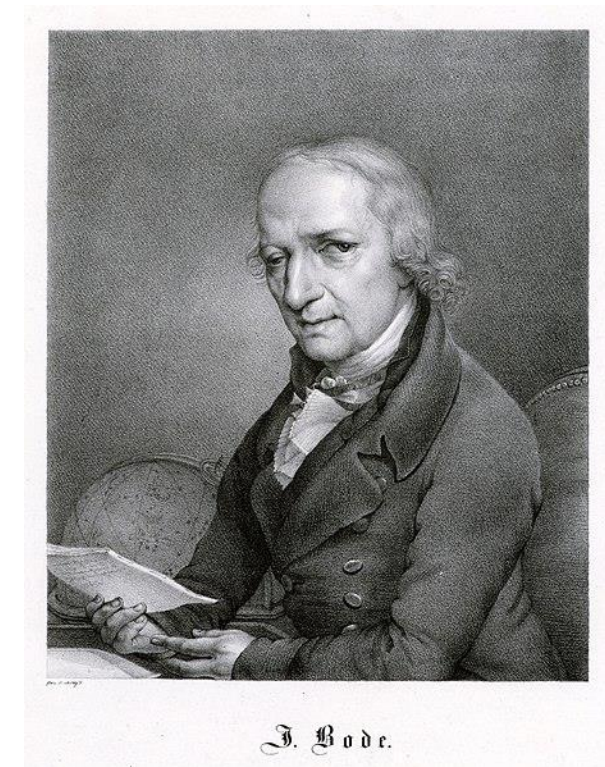
$$r_n = 0,4 + 0,3 \times 2^n$$

Proposée par Titius en 1766 et Bode en 1772

Planète	Loi de Titius-Bode		Valeurs réelles				Erreur	
	Rang attribué	Distance prédite	Demi-grand axe [ua]	Périphélie	Aphélie	Excentricité	absolue	relative
Mercure	$-\infty$	0,4	0,387	0,307	0,467	0,206	0,013	3,4%
Vénus	1	0,7	0,723	0,718	0,728	0,007	0,023	3,2%
Terre	2	1	1	0,983	1,017	0,017	0	0,0%
Mars	3	1,6	1,523	1,381	1,665	0,093	0,077	5,1%
	4	2,8						
Jupiter	5	5,2	5,203	4,953	5,453	0,048	0,003	0,1%
Saturne	6	10	9,537	9,022	10,052	0,054	0,463	4,9%
Uranus	7	19,6	19,229	18,325	20,133	0,047	0,371	1,9%



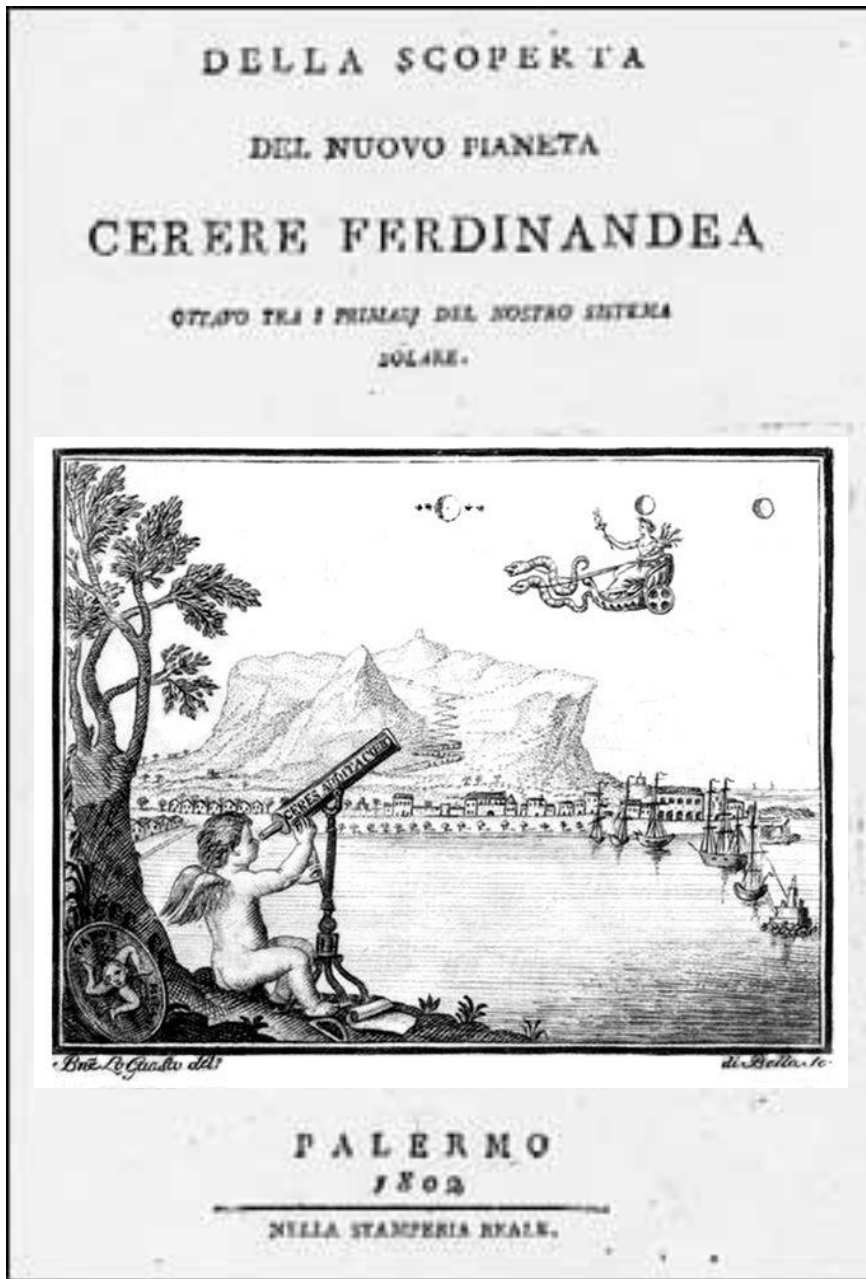
Portrait of Johann Daniel Titius. Gravure et eau forte de J. S. L. Halle, 1770, À partir d'un dessin de Benjamin Calau de la même année



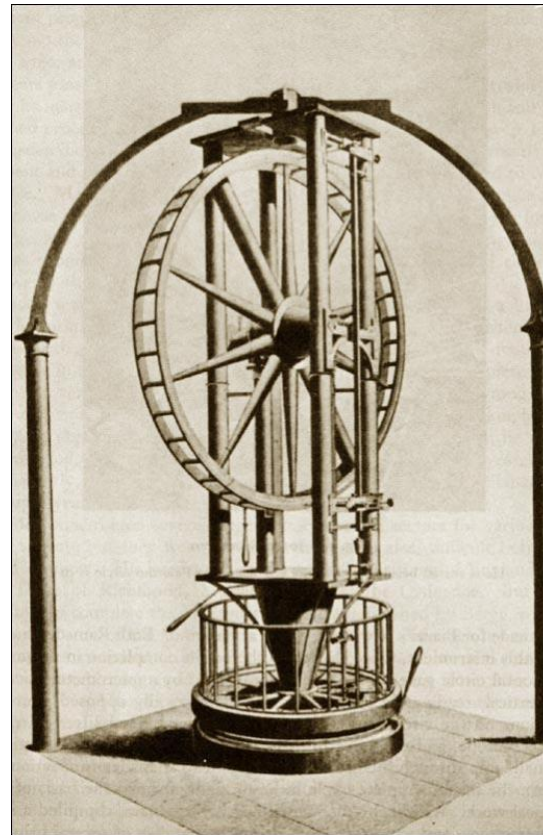
Johann Elert Bode par Karl Friedrich Gustav Lüderitz et Emil Krafft en 1824 – collections de la Bibliothèque Carl von Ossietzky de Hambourg

Comment expliquer le trou en 5^e position... ?

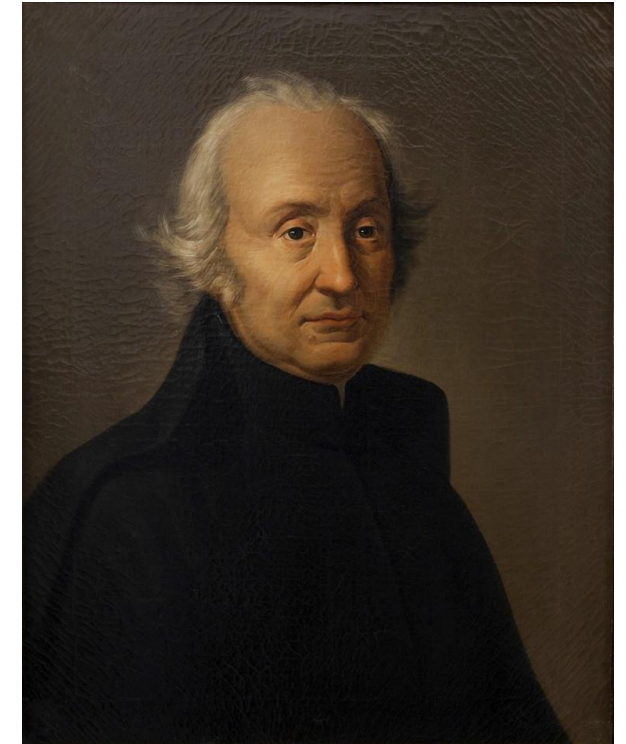
Une nouvelle planète « Cérés » est annoncée le 1^{er} janvier 1801 par Guiseppe Piazzi à l'observatoire de Palerme ...



De la découverte de la nouvelle planète « Céres Ferdinandéenne », G. Piazzi Publié à Palerme en 1802, exemplaire de ETH-Bibliothek Zürich



La grande lunette azimuthale de 5 pieds de Palerme fabriquée en 1792 par Jesse Ramsden à la demande de Piazzi



Portrait de Giuseppe Piazzi par Costanzo Angelini en 1825 collection de l'observatoire Capodimonte à Rome

Il ne peut observer l'observer que jusqu'au 11 février date où elle passe derrière le soleil...
Il n'a que 9° d'orbite, c'est insuffisant pour déterminer précisément son demi-grand axe ...

Tous les astronomes sont à la recherche de Cérés

C'est Gauss, un jeune mathématicien âgé de 23 ans qui va retrouver Cérès à la fin de l'année 1801

En 3 mois de calculs, il prédit une nouvelle position grâce à une nouvelle méthode qui deviendra celle des moindres carrés

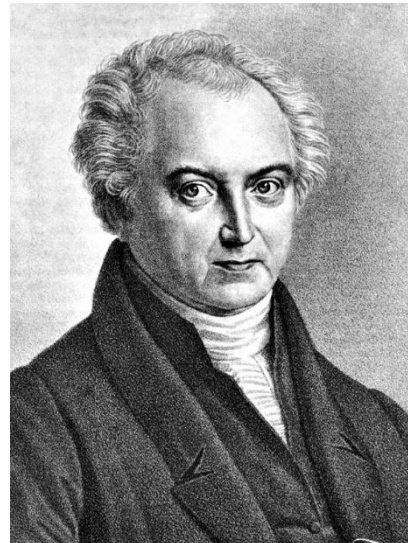
Le 31 décembre 1801
par Von Zach



Portrait du Baron Franz Xaver von Zach

Cérès est observée
à l'endroit prévu

Le 1^{er} janvier 1802
par Olbers



Lithographie de Rudolf Suhrlandt représentant Heinrich Olbers vers 1810



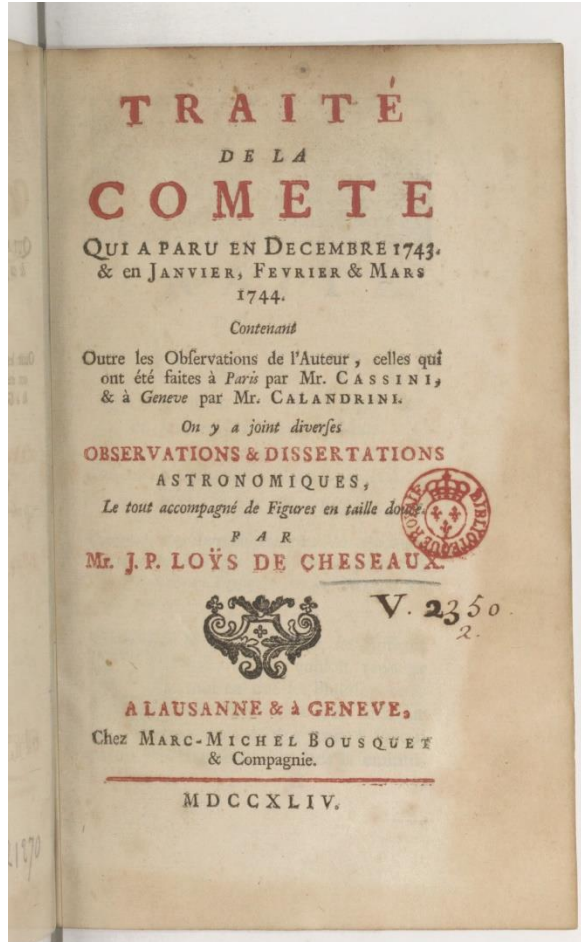
Portrait de Karl Friedrich Gauss par Christian Albrecht Jensen en 1840

Le 28 mars 1802, Olbers en découvre une autre : Pallas
Gauss calcule les orbites : elles sont très semblables !

Planète	Loi de Titius-Bode		Valeurs réelles				Erreur	
	Rang attribué	Distance prédite	Demi-grand axe [ua]	Périphélie	Aphélie	Excentricité	absolue	relative
Cérès	4	2,8	2,765	2,547	2,983	0,079	0,035	1,3 %
Pallas	4	2,8	2,77	2,13	3,41	0,23	0,03	1,10%

Ces planètes sont minuscules (diamètres Cérès 1000 km, Pallas 500 km)
Ce sont des astéroïdes !

Le paradoxe d'Olbers : *pourquoi la nuit est-elle noire ?*



Jean Philippe Loys de Cheseaux : Portrait de l'astronome. Huile sur toile de Jean-Pierre Henchoz, 1746 - Collection de l'université de Lausanne

[Beobachtungen und Nachrichten, vol. 51, 1823, p. 110-121]



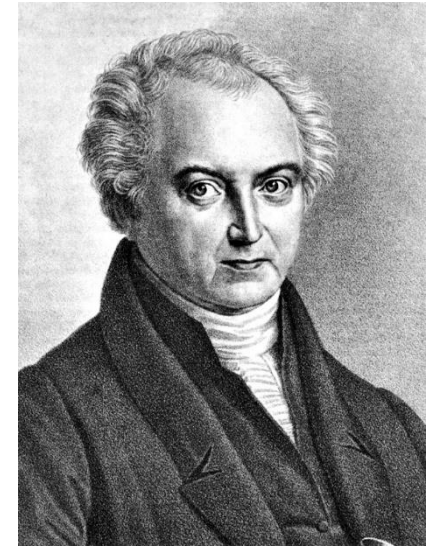
(sur la transparence de l'espace)

Ueber die Durchsichtigkeit des Weltraums,
vom Hrn. Dr. Olbers in Bremen, un-
term 7. Mai 1823. eingesandt.



Groß und klein im Raume sind freilich nur relative Begriffe, und wir können uns Geschöpfe gedenken, für die ein Sandkorn so groß ist, als für uns die ganze Erde; so wie im Gegentheil eine andere Ordnung der Dinge, in der Körper, die die Größe ganzer Planeten und Sonnen übertreffen, nur das sind, was uns die kleinsten Sandkör-

n
N
n
u
«S'il y a réellement des soleils dans tout l'espace infini, qu'ils soient séparés par des distances à peu près égales, ou répartis dans des systèmes de Voies lactées. leur ensemble est infini et alors, le ciel tout entier devrait être aussi brillant que le soleil. Car toute ligne que j'imagine tirée à partir de nos yeux rencontrera nécessairement une étoile fixe quelconque et par conséquent tout point du ciel devrait nous envoyer de la lumière stellaire, donc de la lumière solaire»



Heinrich Wilhelm Matthias Olbers

Page 246 : une répartition uniforme d'étoile dans un univers infini devrait se manifester par un ciel 180 000 fois plus lumineux que le soleil...

En 1811, Herschell avait précisé que ce rayonnement ne peut pas être absorbé par un éventuel milieu interstellaire qui chaufferait beaucoup trop : la question reste en suspens !

Le développement de la qualité de ses télescopes permet à Herschel de publier son testament...

Phil. Trans. of the Roy. Soc. of London, 101, p.269-336, 1811

XVI. Astronomical Observations relating to the Construction of the Heavens, arranged for the Purpose of a critical Examination, the Result of which appears to throw some new Light upon the Organization of the celestial Bodies. By William Herschel, LL.D. F. R. S.

Read June 20, 1811.

Classification de toutes les formes de nébuleuses qu'il a observées (33). Il y en a de 2 grands types les ponctuelles et les diffuses.

Phil. Trans. of the Roy. Soc. of London, 104, p.248-284, 1814

XIV. Astronomical Observations relating to the sidereal part of the Heavens, and its Connection with the nebulous part; arranged for the purpose of a critical Examination. By William Herschel, LL.D. F. R. S.

Read February 24, 1814.

Classification de toutes les étoiles et des groupes d'étoiles qu'il a observées. Etoiles simples, doubles, amas ouverts, amas globulaires, nébuleuses planétaires...

Phil. Trans. of the Roy. Soc. of London, 107, p.302-331, 1817

XXIV. Astronomical observations and experiments tending to investigate the local arrangement of the celestial bodies in space, and to determine the extent and condition of the Milky Way. By Sir William Herschel, Knt. Guelp. LL. D. F. R. S.

Read June 19, 1817.

Il reprend les méthodes de mesure de distance (parallaxe) et tente de les appliquer pour déterminer la façon dont sont réparties les étoiles dans l'Univers... un aveu d'échec !

Phil. Trans. of the Roy. Soc. of London, 108, p.185-229, 1818

XXIII. Astronomical observations and experiments, selected for the purpose of ascertaining the relative distances of clusters of stars, and of investigating how far the power of our telescopes may be expected to reach into space, when directed to ambiguous celestial objects. By Sir William Herschel, Knt. Guelp. LL.D. F. R. S.

Read June 11, 1818.

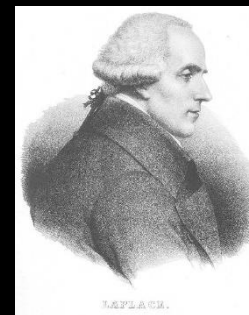
Les télescopes ne seront sans doute pas assez puissants pour sonder les objets les plus lointains...

Il peut mourir en paix le 25 aout 1822 à 83 ans

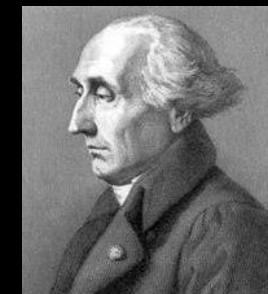
L'orbite d'Uranus a un problème !



William Herschel
(1738-1822)



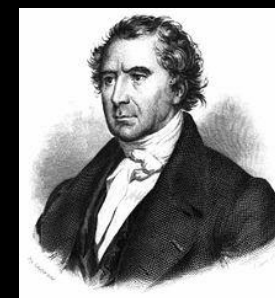
Laplace (1749-1827)



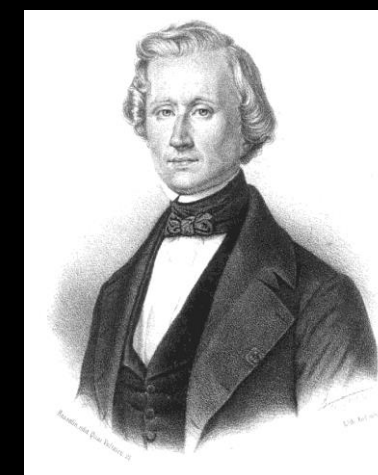
Lagrange (1736-1813)



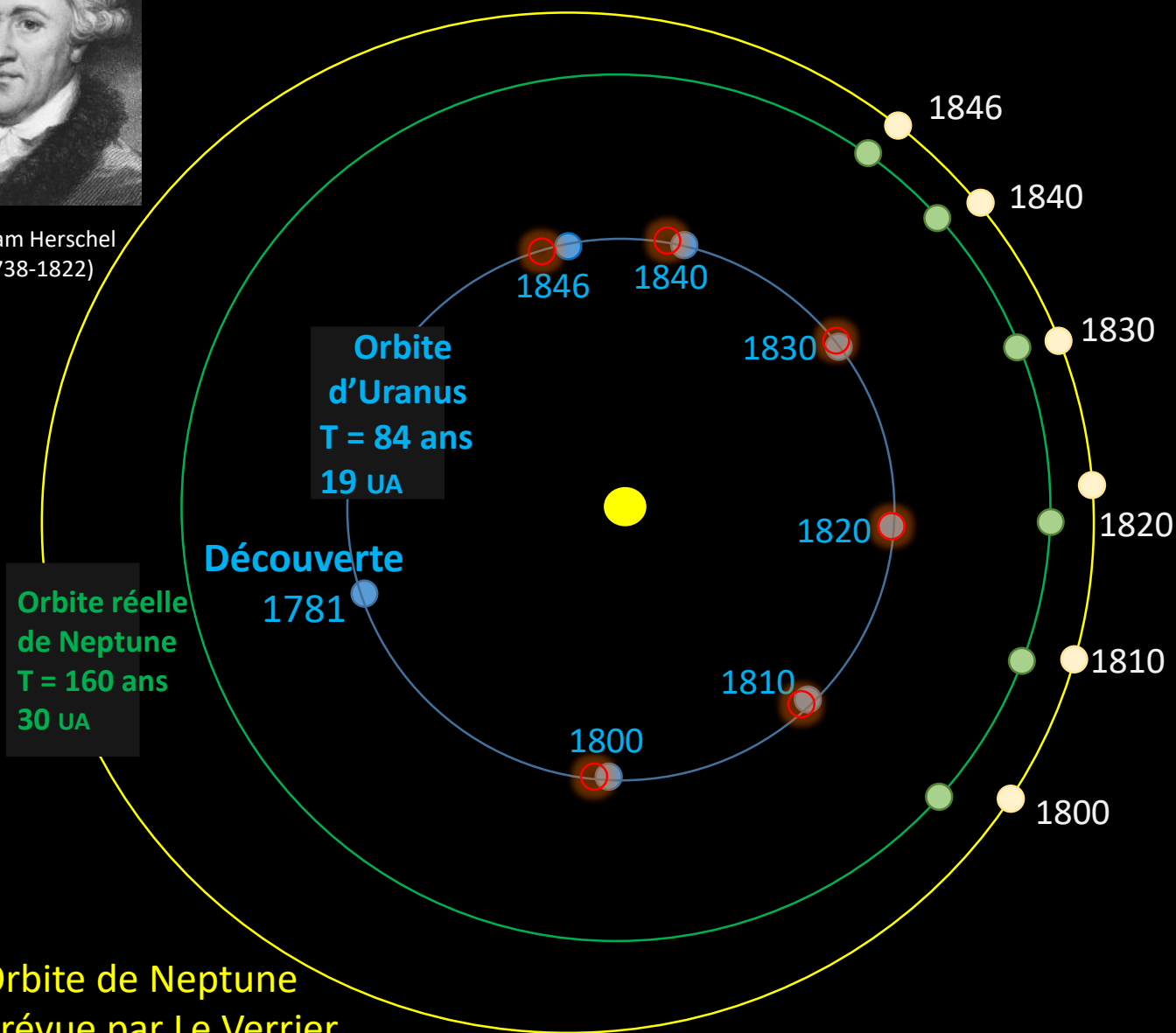
Alexis Bouvard (1767-1843)



François Arago (1786-1853)



Urbain Le Verrier (1811-1877)



Orbite de Neptune
prévue par Le Verrier

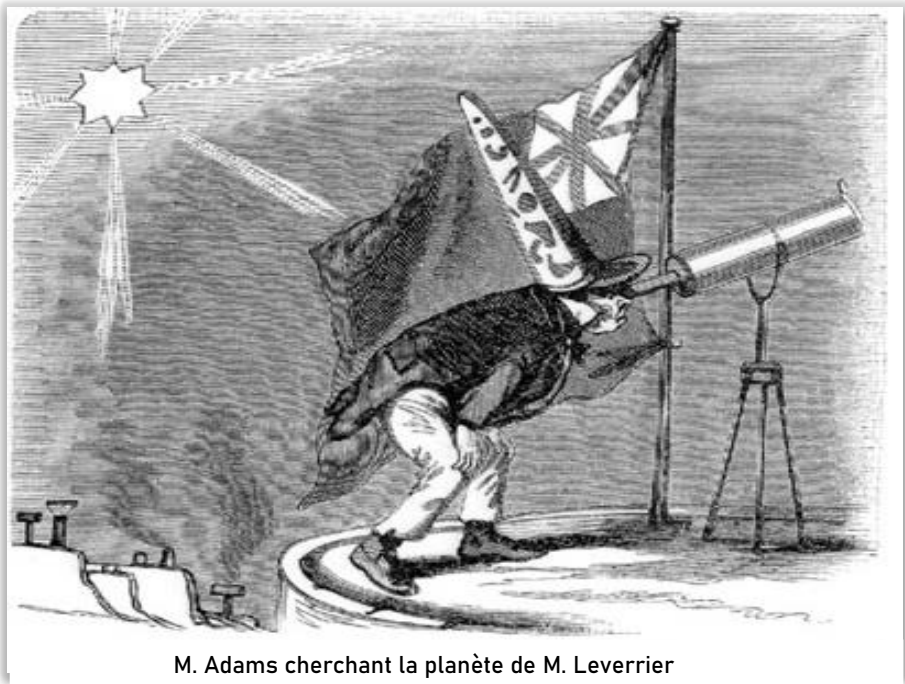
Berlin, le 27 Sept. 1846

Monsieur,

La planète, dont vous avez signalé la position, réellement existe.
Le même jour, où j'ai reçu votre lettre, je trouvais une étoile de 8^{me} grandeur,
qui n'était pas inscrite dans l'excellente carte Bora XXI (dessinée par M.
le Dr Bremiker) de la collection de cartes célestes publiée par l'Académie
Royale de Berlin. L'observation du jour suivant décida que c'était la planète cherchée.
Nous l'avons comparée, M^r Encke et moi, par la grande lunette de Fraunhofer
avec une étoile de 9^{me} grandeur (a) Bessel Zone 119. $21^{\text{h}} 50^{\text{m}} 31^{\text{s}} 00 - 13^{\circ} 30' 9'' 9$
et nous avons trouvé :

Temps moy. de Berlin
Sept. 23. $12^{\text{h}} 0^{\text{m}} 14^{\text{s}} 6$

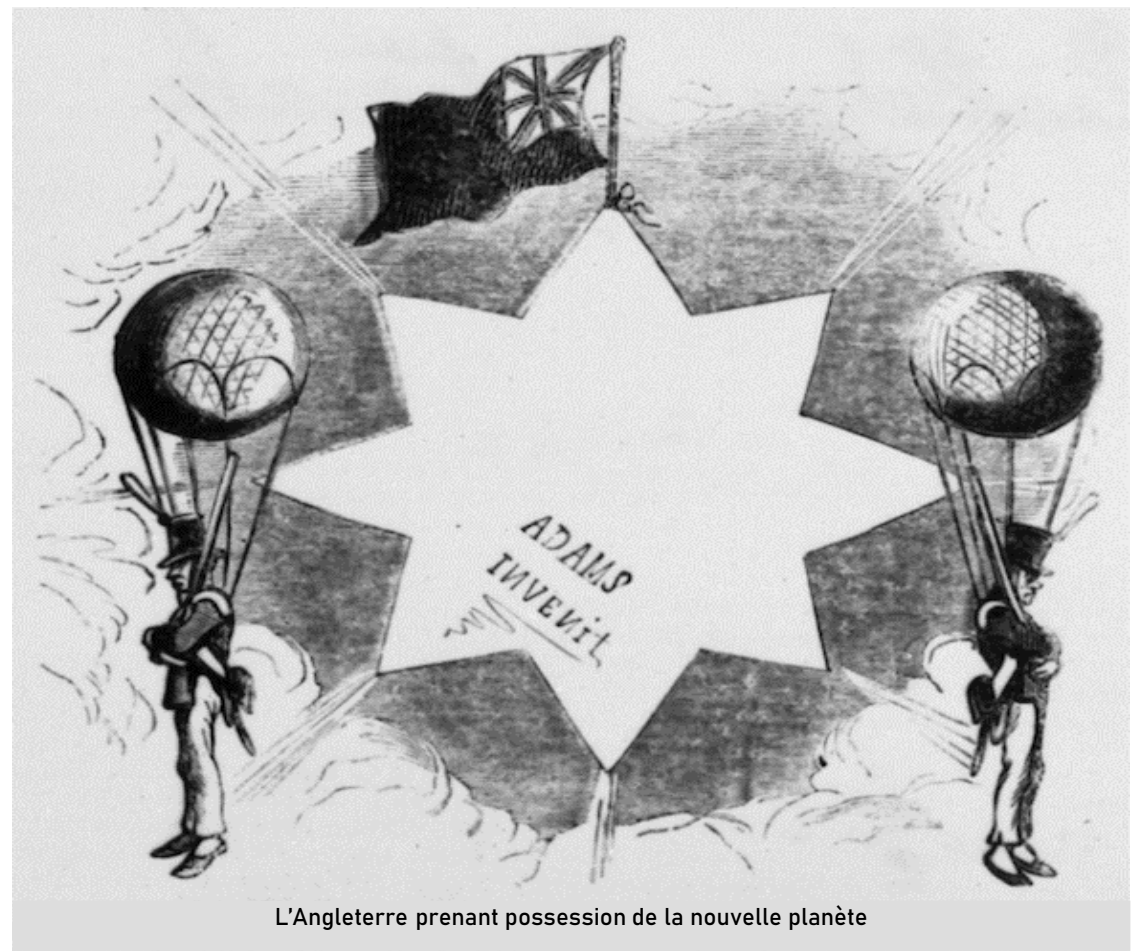
Plan. = (a) + $21' 21'' 5$ en AR
= (a) + 1.36,8 en Déclin.



M. Adams cherchant la planète de M. Leverrier



M. Adams découvrant la planète dans le rapport de M. Leverrier



L'Angleterre prenant possession de la nouvelle planète

Controverse avec les anglais

Caricatures par Cham,
« L'illustration »,
n°193, vol.8, p.156,
samedi 7 novembre 1846

Le Verrier succède à Arago en 1854

Il sera statufié 3 ans après sa mort
devant l'observatoire de Paris...

Plaque commémorative
du lieu de l'expérience de
Romer sur la vitesse de la
lumière

Directeurs de l'observatoire de Paris

De 1671 à 1712 : Giovanni Domenico Cassini ;

De 1712 à 1756 : Jacques Cassini ;

De 1756 à 1784 : César-François Cassini de Thury ;

De 1784 à 1793 : Dominique, comte de Cassini ;

De septembre 1793 à 1794 : Jean Pemy de Villeneuve, directeur temporaire ;

Vers 1794 à 1795 : Nicolas-Antoine Nouet, directeur temporaire ;

De 1795 à 1800 : Joseph Jérôme Lefrançais de Lalande ;

De 1800 à 1804 : Pierre Méchain ;

De 1804 à 1822 : Jean Baptiste Joseph Delambre ;

De 1822 à 1843 : Alexis Bouvard ;

De 1843 à 1853 : François Arago ;

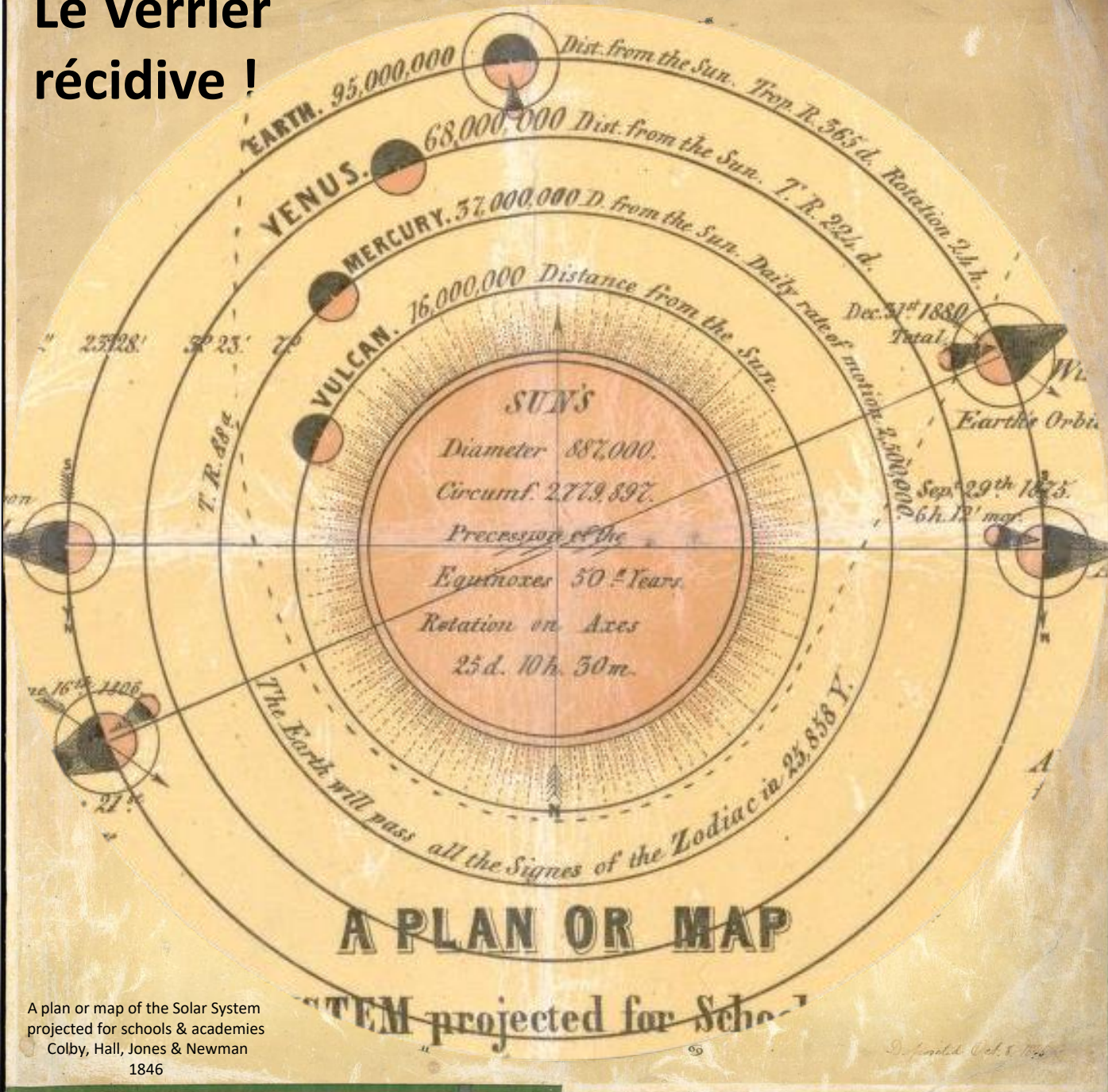
De 1854 à 1870 : Urbain Le Verrier ;

De 1870 à 1872 : Charles-Eugène Delaunay ;

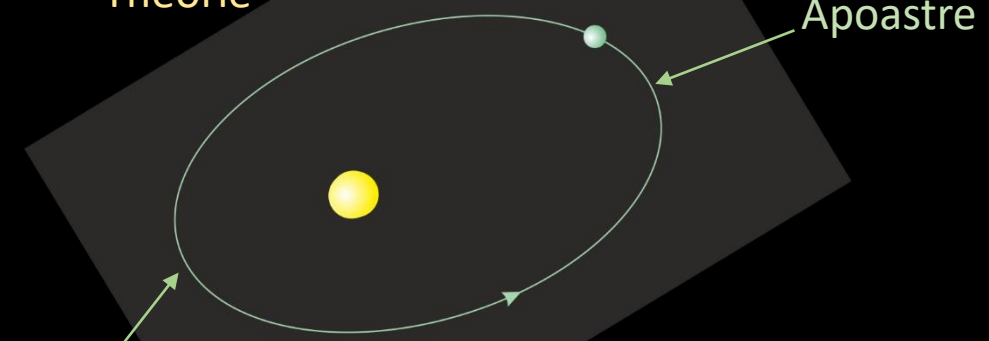
De 1873 à 1877 : Urbain Le Verrier ;

De 1878 à 1892 : Ernest Mouchez ;

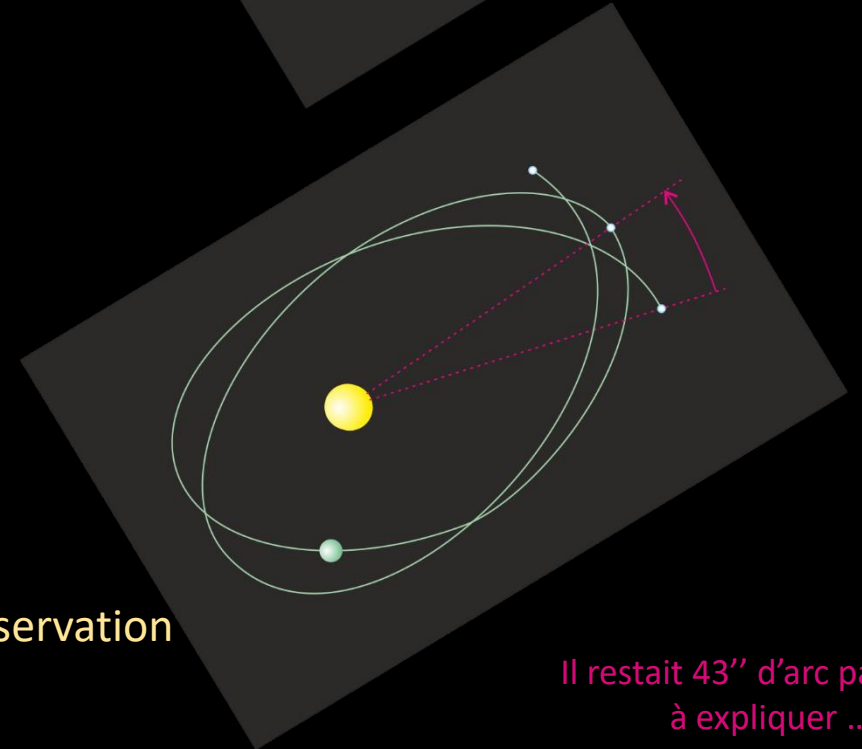
Le Verrier récidive !



Théorie



Périastre



Observation

Il restait 43'' d'arc par siècle à expliquer ...



Le mouvement de Mercure

L'hypothèse Vulcain



Photographie de Léon Foucault



Lithographie de Maurin d'après le portrait de Le Verrier par Charles Daverdoing, Paris : Rosselin

Le 18 juillet 1860 Le verrier se rend en Espagne pour observer une éclipse totale de Soleil, accompagné de Léon Foucault, muni d'un sauf-conduit et d'une quantité considérable de matériel.

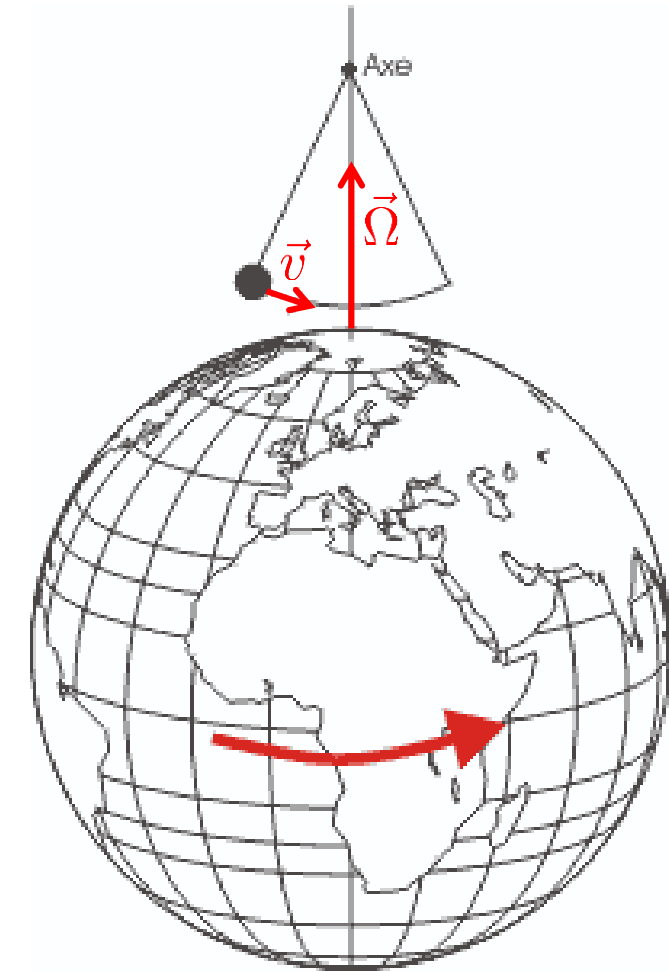
Ils n'observent rien mis à part l'éclipse !

L'expérience de 1851 au Panthéon



Extrait de la Une du supplément littéraire illustré du magazine "Le Petit Parisien" en date du 2 novembre 1902, pour le cinquantenaire de la démonstration faite par Léon Foucault de la rotation de la Terre en accrochant au dôme du Panthéon de Paris en 1851 un pendule

Le mouvement de la Terre révélé par le pendule de Foucault



Force d'inertie de Coriolis (1835)

Pendant ce temps-là en Allemagne...



En 1858, Gustav Lejeune Dirichlet annonce à son étudiant Leopold Kronecker avoir rigoureusement démontré la stabilité du système solaire...



Karl Weierstrass, portrait par Conrad Fehr – 1898 – collections des archives de l'académie des sciences de Berlin-Brandenburg

Le père la rigueur, Karl Weierstrass,
mène l'enquête !

Sans succès...

SEINE MAJESTÄT KÖNIG OSCAR II haben, in dem Wunsche einen neuen Beweis des Interesses zu geben, welches ALLERHÖCHSTDIESELBE für die Entwicklung der mathematischen Wissenschaften hegen und durch die Förderung der Herausgabe der Acta Mathematica, die sich ALLERHÖCHSTDERSELBEN gnädigster Protection erfreuen, bereits bezeugt haben, beschlossen, am 21. Januar 1889, dem sechzigsten Jahrestage ALLERHÖCHSTDERSELBEN Geburt, einer wichtigen Entdeckung auf dem Gebiete der höheren Analysis einen Preis zuzuerkennen. Dieser Preis wird in einer Medaille mit dem Bilde SEINER MAJESTÄT, im Goldwerthe von tausend Francs, und ausserdem in einer Summe von zwei tausend fünf hundert Kronen in Gold bestehen (1 Krone = 1 Franc 40 Centimes circa).

SEINE MAJESTÄT geruhen die Ausführung dieses Planes einer Commission von drei Mitgliedern anzuvertrauen: HERRN CARL WEIERSTRASS zu Berlin, HERRN CHARLES HERMITE zu Paris und HERRN GÖSTA MITTAG-LEPFLER zu Stockholm, Chefredacteur dieses Journals. Die Bemühungen der Commission waren Gegenstand eines Berichtes, dessen nachstehend folgendes Resultat SEINE MAJESTÄT Allergnädigst genehmigt haben:

»In Anbetracht der Fragen, welche in verschiedenen Hinsichten die Analysten gleich sehr interessiren und deren Lösung

SA MAJESTÉ OSCAR II désireux de donner une nouvelle preuve de l'intérêt qu'ELLE porte à l'avancement des sciences mathématiques, intérêt qu'ELLE a déjà témoigné, en encourageant la publication du journal Acta Mathematica, qui se trouve sous SON auguste protection, a résolu de décerner le 21 Janvier 1889 soixantième anniversaire de SA naissance un prix à une découverte importante dans le domaine de l'analyse mathématique supérieure. Ce prix consistera en une médaille, du dix-huitième module, portant l'effigie de SA MAJESTÉ et ayant une valeur en or de mille francs, ainsi qu'en une somme de deux mille cinq cents Kronor en or (1 Krone = 1 franc 40 centimes environ).

SA MAJESTÉ a daigné confier le soin de réaliser SES intentions à une commission de trois membres: M. CARL WEIERSTRASS à Berlin, M. CHARLES HERMITE à Paris, et le Rédacteur en chef de ce Journal, M. GÖSTA MITTAG-LEPFLER à Stockholm. Le travail des commissaires a été l'objet d'un rapport dont SA MAJESTÉ a pris connaissance, et voici leurs conclusions auxquelles ELLE a donné SON approbation:

»Prenant en considération les questions qui à divers titres préoccupent également les analystes et dont la solution serait

von dem grössten Nutzen für die Fortschritte der Wissenschaft sein würde, macht die Commission SEINER MAJESTÄT ehrfurchtsvoll den Vorschlag, der besten Abhandlung über einen der folgenden Gegenstände den Preis zu ertheilen.

1. Es sollen für ein beliebiges System materieller Punkte, die einander nach dem NEWTON'schen Gesetze anziehen, unter der Annahme, dass niemals ein Zusammentreffen zweier Punkte stattfindet, die Coordinaten jedes einzelnen Punktes in unendliche, aus bekannten Functionen der Zeit zusammengesetzte und für einen Zeitraum von unbegrenzter Dauer gleichmässig convergirende Reihen entwickelt werden.

Dass die Lösung dieser Aufgabe, durch deren Erledigung unsere Einsicht in den Bau des Weltsystems auf das wesentlichste würde gefördert werden, nicht nur möglich, sondern auch mit den gegenwärtig uns zu Gebote stehenden analytischen Hilfsmitteln erreichbar sei, dafür spricht die Versicherung LEJEUNE-DIRICHLET's, der kurz vor seinem Tode einem befreundeten Mathematiker mitgetheilt hat, dass er eine allgemeine Methode zur Integration der Differentialgleichungen der Mechanik entdeckt habe, sowie auch, dass es ihm durch Anwendung dieser Methode gelungen sei, die Stabilität unseres Planetensystems in vollkommener strenger Weise festzustellen. Leider ist uns von diesen Untersuchungen DIRICHLET's, ausser der Andeutung, dass zur Auffindung seiner Methode die Theorie der kleinen Schwankungen einen gewissen Anhalt biete, nichts erhalten worden;* es darf aber als gewiss an-

du plus grand intérêt pour les progrès de la science, la commission propose respectueusement à SA MAJESTÉ d'accorder le prix au meilleur mémoire sur l'un des sujets suivants.

1. Etant donné un système d'un nombre quelconque de points matériels qui s'attirent mutuellement suivant la loi de NEWTON, on propose, sous la supposition qu'un choc de deux points n'ait jamais lieu, de représenter les coordonnées de chaque point sous forme de séries procédant suivant quelques fonctions connues du temps et qui convergent uniformément pour toute valeur réelle de la variable.

Ce problème dont la solution étendra considérablement nos connaissances par rapport au système du monde, paraît pouvoir être résolu à l'aide des moyens analytiques que nous avons actuellement à notre disposition; on peut le supposer du moins, car LEJEUNE-DIRICHLET a communiqué peu de temps avant sa mort à un géomètre de ses amis qu'il avait découvert une méthode pour l'intégration des équations différentielles de la mécanique, et qu'en appliquant cette méthode il était parvenu à démontrer d'une manière absolument rigoureuse la stabilité de notre système planétaire. Malheureusement nous ne connaissons rien sur cette méthode, si ce n'est que la théorie des oscillations infiniment petites paraît avoir servi de point de départ pour sa découverte.* On peut pourtant supposer presque avec certitude que cette méthode était basée non point sur des calculs longs et compliqués, mais sur le

* KUMMER, *Gedächtnissrede auf Lejeune-Dirichlet*, Abhandlungen der K. Akademie der Wissenschaften zu Berlin, 1860, p. 35.

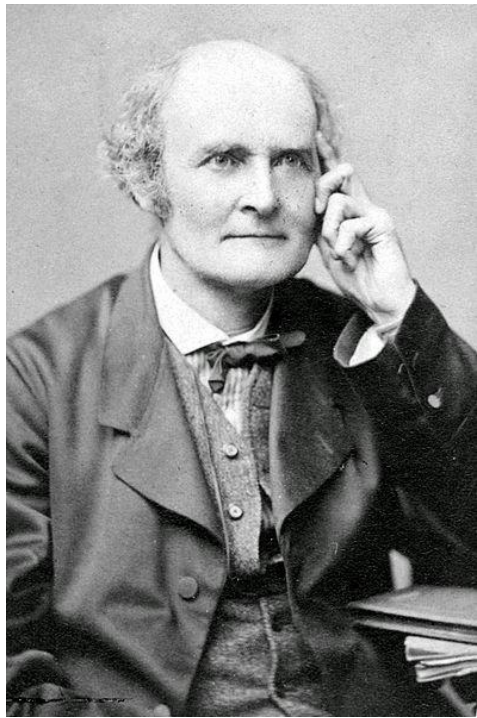


Photo d'Arthur Cayley par Herbert Rose
Barraud vers 1891

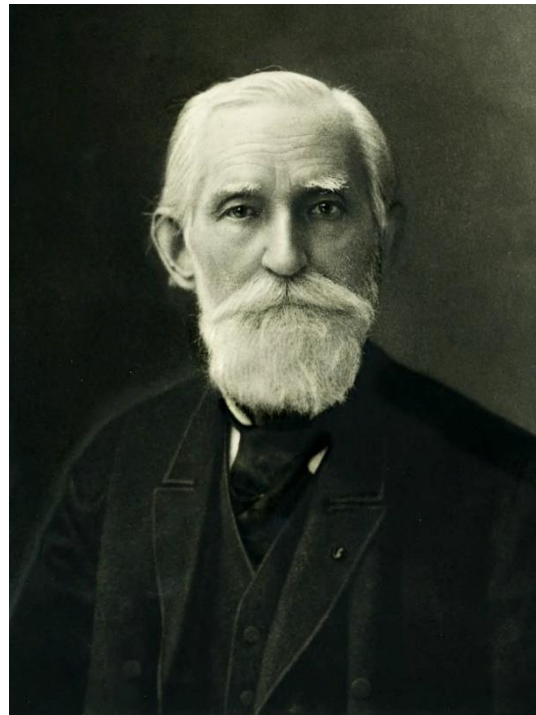


Photo Pafnuty Lvovich Chebyshev vers 1890



Weierstrass



Photo de Charles Hermitte vers 1890



Photo de Magnus Gösta Mittag-Leffler vers 1900



Sa majesté Oskar II de Norvège et de Suède
photographié par Gösta Florman
à 62 ans en 1891

Un jury très compétent...

Qui ne communique que par lettre !

LE PROBLÈME DES TROIS CORPS

ET LE TRIOMPHE DE M. POINCARÉ.

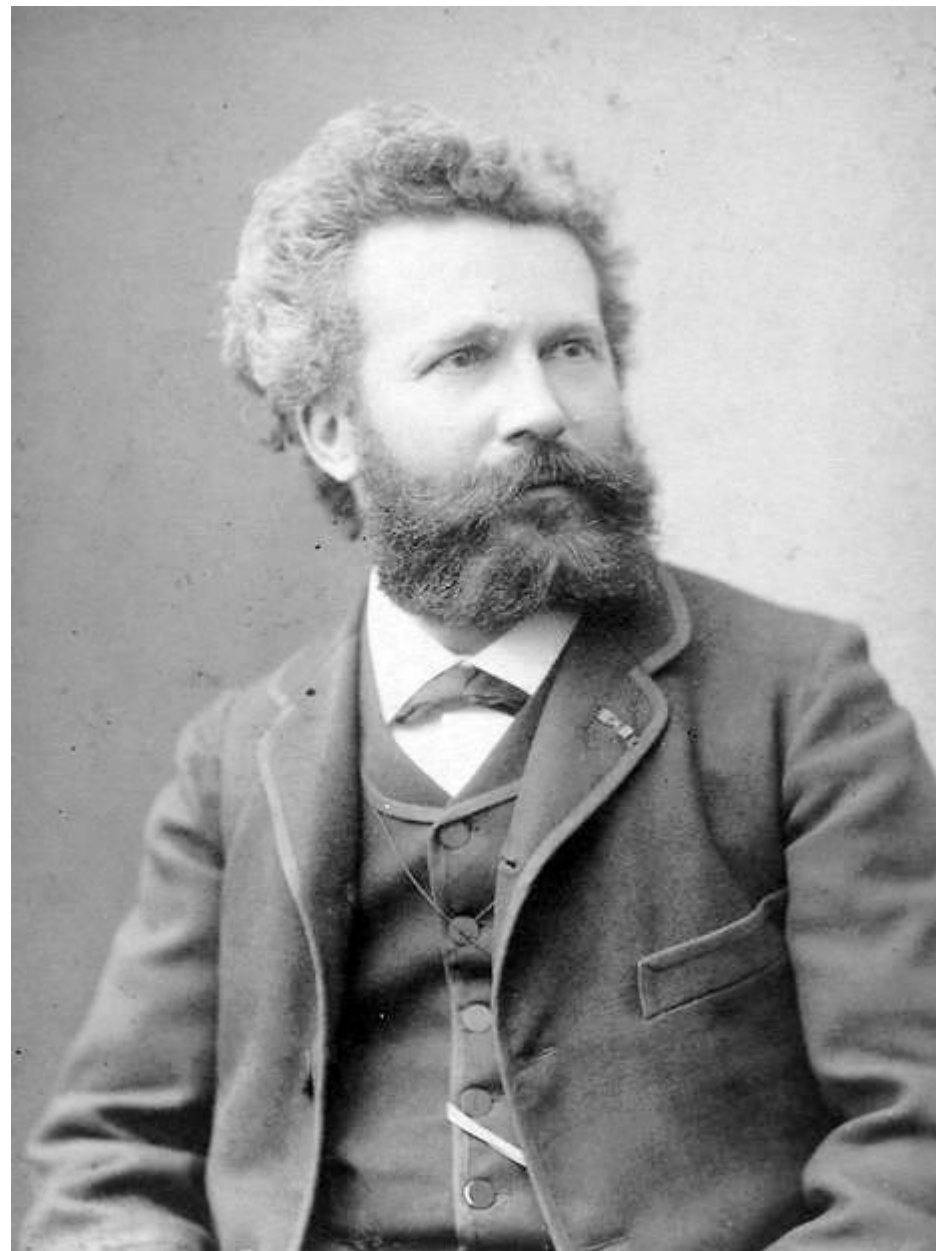
Au mois de février dernier, le roi de Suède et de Norwège, grand admirateur des Sciences en général et des Sciences mathématiques en particulier, avait convié tous les géomètres de l'Europe en un grand concours à l'occasion du soixantième anniversaire de sa naissance. C'est un géomètre français, M. Poincaré, membre de l'Académie des Sciences, qui vient d'en sortir vainqueur.

Le prix fondé par le roi Oscar II n'a été et ne sera décerné qu'une seule fois. Il consiste en une médaille d'or et une somme de deux mille cinq cents couronnes (3500 francs).

Cinq questions, dont une d'Astronomie et quatre de Mathématiques pures, avaient été laissées au choix des concurrents.

Le Mémoire de M. Poincaré, couronné en tête de ce concours, a pour titre : *Sur le problème des trois corps et les équations de la Dynamique*. Il comptera parmi les plus importantes productions mathématiques du siècle et sera un nouveau titre à l'estime de tous les géomètres, que l'auteur s'est déjà acquise par d'éclatantes découvertes.

Camille Flammarion, L'Astronomie, vol. 8, pp.265-268, Juillet 1889



Camille Flammarion photographié par Eugène Pirou en 1883

M. Poincaré Jules, Henri.

Nancy

Désignation des Epreuves	Temps de copie		Temps de lecture		Somme des points	Observations
	M	N	M	N		
Algèbre géométrique (7)	20	52	1000			
Arithmétique générale ()	20	50	1000			
Physique et Chimie (10)	19	40	760			
Langue Allemande	18	8	144			
			2944		2944	
Compositions écrites						
Composition mathématique	20	15	200			
Composition de Géométrie descriptive	14	15	182			
Résolution de triangle, Calcul logarithmique	17	5	85			
Composition Française	14	14	196			
Destin	12	12	144			
Latin	1	4	4			
			961		961	
D'ensemble de 50 points attribués aux Bacheliers de lettres						3905

Poincaré et l'X



Poincaré

CONCOURS DE 1873.

152

N° d'IMMATRICULATION. 10769

EXAMEN d' Nancy

N° d'ADMISSION. 1

DATE D'ENREGISTREMENT. 30 80

Signature de l'Élève: Poincaré

BOURSES ET DÉGRÈVEMENTS. Trousseau et première mise d'équipement.

Soincaré (Jules Henry) né le 29 Avril 1854 à Nancy département de la Meurthe

de son père Emile Poincaré et de Marie Pierrette Eugénie Faurois = son épouse

Signalement: Cheveux et sourcils Châtains front bas nez moyen yeux Châtains bouche petite menton fin visage ovale taille d'un mètre 69 centim.

Marques opposées: _____

Services militaires: _____

Domicile des parents: Son Père, Professeur à Nancy rue Lafayette 6

Grades obtenus: Sergent Major pendant 1873-74 - 1874-75

Passé à la 1^{re} division en 1874, le 3^e d'une liste de 242 Elèves.

Déclaré admissible dans les services publics en 1875, le 2^e d'une liste de 226 Elèves.

Admis dans le service des Mines en 1875, le 3^e d'une liste de 3 Elèves.

Il y a une erreur !

1-1-90. [GÖSTA MITTAG-LEFFLER](#) TO H. POINCARÉ

[1/12/1889]¹

Mon cher ami,

J'ai écrit à M. Phragmén pour lui parler d'une erreur que j'avais commise et il vous a sans doute communiqué ma lettre.² Mais les conséquences de cette erreur sont plus graves que je ne l'avais cru d'abord. Il n'est pas vrai que les surfaces asymptotiques soient fermées, au moins dans le sens où je l'entendais d'abord. Ce qui est vrai, c'est que si je considère les deux parties de cette surface (que je croyais hier encore raccordées l'une à l'autre), [elles] se coupent suivant une infinité de courbes trajectoires asymptotiques*.

J'avais cru que toutes ces courbes asymptotiques après s'être éloignées d'une courbe fermée représentant une solution périodique, se rapprochaient ensuite asymptotiquement de la même courbe fermée.³ Ce qui est vrai, c'est qu'il y en a une infinité qui jouissent de cette propriété.⁴

Je ne vous dissimulerai pas le chagrin que me cause cette découverte. Je ne sais d'abord si vous jugerez encore que les résultats qui subsistent, à savoir l'existence des solutions périodiques, celle des solutions asymptotiques, la théorie des exposants caractéristiques, la non-existence des intégrales uniformes et la divergence des séries de M. Lindstedt méritent la haute récompense que vous avez bien voulu m'accorder.

D'autre part, de grands remaniements vont devenir nécessaires et je ne sais si on n'a pas commencé à tirer le mémoire ; j'ai télégraphié à M. Phragmén.

En tout cas je ne puis mieux faire que de confier mes perplexités à un ami aussi dévoué que vous l'avez toujours été.

Je vous en écrirai plus long quand j'aurai vu un peu plus clair dans mes affaires.

Veuillez agréer, mon cher ami, avec mes bien sincères excuses, l'assurance de mon entier dévouement.

Poincaré

* et de plus que leur distance est un infiniment petit d'ordre plus élevé que μ^p quelque grand que soit p .

1-1-92. [GÖSTA MITTAG-LEFFLER](#) TO H. POINCARÉ

Stockholm. 5/12 89¹

Mon cher ami,

Nous nous sommes occupés M. Phragmén et moi toute la journée d'aujourd'hui ainsi que d'hier avec votre mémoire. Voici le résultat. J'ai télégraphié à Berlin et à Paris en demandant qu'on ne fasse pas distribuer un seul exemplaire. Il n'y a pas de doute que ces dépêches soient arrivées en temps. A Paris il n'y aura que MM. Hermite et Camille Jordan et à Berlin que M. Weierstrass qui auront reçu des exemplaires. J'écris maintenant à MM. Hermite² et Camille Jordan en les priant de vouloir laisser leurs exemplaires chez M. Hermann. A M. Camille Jordan je ne dis autre chose qu'une erreur s'est glissée dans le cahier qui par inadvertance a été expédié à lui et qu'il faut corriger cette erreur avant de faire paraître le cahier.³ C'est du reste la seule explication que je donnerai quand je serais forcé de m'expliquer, sauf naturellement à MM. Hermite et Weierstrass.⁴ M. Walter Dyck a de même reçu un exemplaire comme rédacteur en chef des *Mathematischen Annalen*. Je lui écris aujourd'hui en lui demandant de vouloir bien me le renvoyer⁵. Les exemplaires qui ont été distribués ici dans les pays du nord seront récupérés autant que possible. Et j'ai bon espoir d'y réussir assez bien.⁶

Et voici maintenant ce que je vous propose à faire et ce / qui sera d'après mon opinion le plus honorable pour vous comme pour nous.

Vous écrivez un nouveau mémoire dans lequel vous introduisez tout ce qui reste de votre mémoire original[e] ainsi que les développements qui se trouvent dans les notes ainsi que tous les autres développements que vous jugez bon d'introduire. Vous écrivez à ce nouveau mémoire une introduction dans laquelle vous dites qu'il est un remaniement du mémoire couronné dans lequel des développements qui se trouvaient seulement indiqués dans le mémoire originaire sont donnés avec tous les détails et dans lequel une erreur que vous indiquez et qui s'était glissée[e] dans vos premières recherches a été corrigée[e].⁷

De cette manière j'espère que tout marchera assez bien. Seulement que les frais seront assez considérables. Vous savez que je reçois des subventions des diètes de Suède, de Norvège et de Danemark mais je dois aussi rendre compte de tous les dépenses qui se font pour le journal. Il me sera donc impossible de payer des fonds des *Acta* les frais pour le mémoire supprimé et je me permets à cause de cela de vous soumettre si vous êtes disposé de prendre ces frais à votre compte.

Je suis bien heureux que M. Kronecker n'a pas reçu d'exemplaire. Pour les exemplaires de MM. Gylden et Lindstedt je tâcherai de les récupérer sans donner encore des soupçons. Je trouve que toute cette histoire doit rester entre nous jusqu'à la publication de votre nouveau mémoire.

Et alors ni la science ni vous même ne perdront à cette affaire qui aura été traitée il me paraît d'une manière tout à fait honorable.

Agréer, mon cher ami, l'expression de mon parfait dévouement.

Mittag-Leffler



Photo d'Henri Poincaré prise par Eugène Pirou en 1887

1-1-102. H. POINCARÉ TO [GÖSTA MITTAG-LEFFLER](#)

[1/6/90]

Mon cher ami,

J'ai l'honneur de vous adresser ci-joint un chèque de 3585 Kronor 63 Öre² dont je vous prie de vouloir bien m'accuser réception.

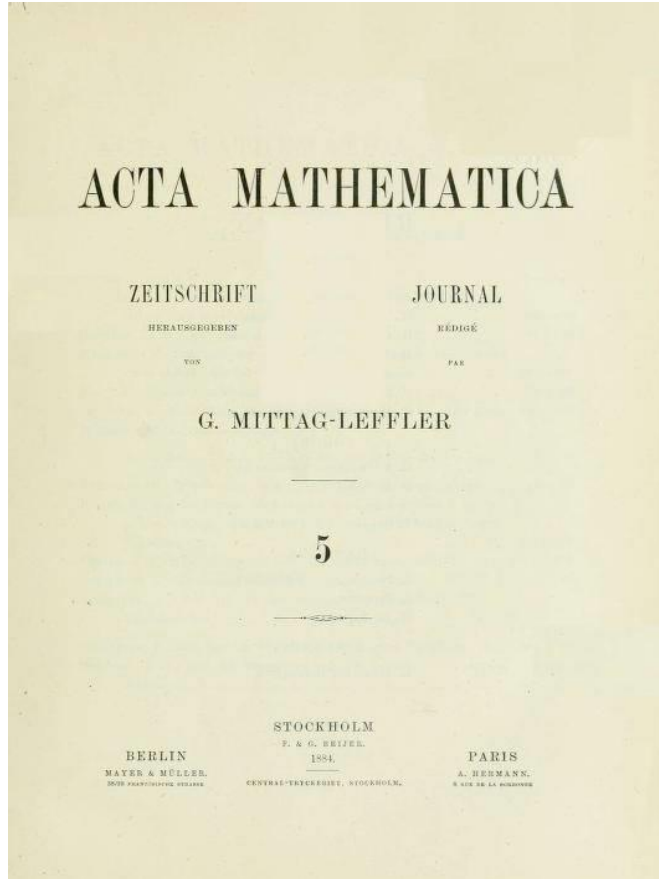
J'ai reçu il y a quelques jours la feuille 9 que j'ai renvoyée à M. Phragmén à Ronneby.

Rien de nouveau d'ailleurs

Votre ami dévoué,

Poincaré

Le prix du roi Oskar II lui avait rapporté 2500 couronnes...



Page de couverture d'Acta Mathematica (volume 5... je n'ai pas trouvé le volume 13 !)

AVANT-PROPOS.

Nous avons réuni dans ce tome les deux mémoires couronnés par S. M. le Roi le 21 janvier 1889.

A notre grand regret, nous ne pouvons y joindre que l'un des deux rapports présentés à leur sujet à S. M. par la Commission du prix. M. WEIERSTRASS avait bien voulu se charger de rédiger le rapport sur le mémoire de M. POINCARÉ; mais, souffrant depuis plus d'un an, il lui a malheureusement été impossible jusqu'ici de l'achever. Il nous autorise à dire que son rapport sera publié dès que l'état de sa santé lui aura permis d'y mettre la dernière main.

Nous insérons ci-dessous le rapport de M. HERMITE sur le mémoire de M. APPELL.

Le Rédacteur en chef.

SUR LE PROBLÈME DES TROIS CORPS

ET LES

ÉQUATIONS DE LA DYNAMIQUE

PAR

H. POINCARÉ
à PARIS.

MÉMOIRE COURONNÉ
DU PRIX DE S. M. LE ROI OSCAR II
LE 21 JANVIER 1889.

Introduction.

Le travail qui va suivre et qui a pour objet l'étude du problème des trois corps est un remaniement du mémoire que j'avais présenté au Concours pour le prix institué par Sa Majesté le Roi de Suède. Ce remaniement était devenu nécessaire pour plusieurs raisons. Pressé par le temps, j'avais dû énoncer quelques résultats sans démonstration; le lecteur n'aurait pu, à l'aide des indications que je donnais, reconstituer les démonstrations qu'avec beaucoup de peine. J'avais songé d'abord à publier le texte primitif en l'accompagnant de notes explicatives; mais j'avais été amené à multiplier ces notes de telle sorte que la lecture du mémoire serait devenue fastidieuse et pénible.

J'ai donc préféré fondre ces notes dans le corps de l'ouvrage, ce qui a l'avantage d'éviter quelques redites et de faire mieux ressortir l'ordre logique des idées.

Je dois beaucoup de reconnaissance à M. PHRAGMÉN qui non seulement a revu les épreuves avec beaucoup de soin, mais qui, ayant lu le mémoire avec attention et en ayant pénétré le sens avec une grande finesse, m'a signalé les points où des explications complémentaires lui semblaient nécessaires pour faciliter l'entière intelligence de ma pensée. Je lui dois la forme élégante que je donne au calcul de S_i^m et de T_i^m à la fin du § 12. C'est même lui qui, en appelant mon attention sur un point délicat, m'a permis de découvrir et de rectifier une importante erreur.

Dans quelques-unes des additions que j'ai faites au mémoire primitif, je me borne à rappeler certains résultats déjà connus; comme ces résultats sont dispersés dans un grand nombre de recueils et que j'en fais un fréquent usage, j'ai cru rendre service au lecteur en lui épargnant de fastidieuses recherches; d'ailleurs je suis souvent conduit à appliquer ces théorèmes sous une forme différente de celle que leur auteur leur avait d'abord donnée et il était indispensable de les exposer sous cette nouvelle forme. Ces théorèmes acquis, dont quelques-uns sont même classiques

H. Poincaré (1890) Sur le problème des trois corps et les équations de la dynamique. Acta mathematica 13, pp. 1–270

Publié le 1^{er} décembre 1890...

1892

LES MÉTHODES NOUVELLES DE LA MÉCANIQUE CÉLESTE.

TOME I.

INTRODUCTION.

Le Problème des trois corps a une telle importance pour l'Astronomie, et il est en même temps si difficile, que tous les efforts des géomètres ont été depuis longtemps dirigés de ce côté. Une intégration complète et rigoureuse étant manifestement impossible, c'est aux procédés d'approximation que l'on a dû faire appel. Les méthodes employées d'abord ont consisté à chercher des développements procédant suivant les puissances des masses. Au commencement de ce siècle, les conquêtes de Lagrange et de Laplace et, plus récemment, les calculs de Le Verrier, ont amené ces méthodes à un tel degré de perfection qu'elles ont pu suffire largement jusqu'ici aux besoins de la pratique. Je puis ajouter qu'elles y suffiront encore longtemps, malgré quelques divergences de détails; il est certain néanmoins qu'elles n'y suffiront pas toujours, un peu de réflexion le fait très aisément comprendre.

Le but final de la Mécanique céleste est de résoudre cette grande question de savoir si la loi de Newton explique à elle seule tous les phénomènes astronomiques; le seul moyen d'y parvenir est de faire des observations aussi précises que possible et de les comparer ensuite aux résultats du calcul. Ce calcul ne peut être qu'approximatif et il ne servirait à rien, d'ailleurs, de calculer plus de décimales que les observations n'en peuvent faire connaître. Il est donc inutile de demander au calcul plus de précision qu'aux observations; mais on ne doit pas non plus lui en demander moins.

4

INTRODUCTION.

être tenté de tirer de la forme de ces séries ne sont pas légitimes à cause de leur divergence. C'est ainsi qu'elles ne peuvent servir à résoudre la question de la stabilité du système solaire.

La discussion de la convergence de ces développements doit attirer l'attention des géomètres, d'abord pour les raisons que je viens d'exposer et en outre pour la suivante : le but de la Mécanique céleste n'est pas atteint quand on a calculé des éphémérides plus ou moins approchées sans pouvoir se rendre compte du degré d'approximation obtenu. Si l'on constate, en effet, une divergence entre ces éphémérides et les observations, il faut que l'on puisse reconnaître si la loi de Newton est en défaut ou si tout peut s'expliquer par l'imperfection de la théorie. Il importe donc de déterminer une limite supérieure de l'erreur commise, ce dont on ne s'est peut-être pas assez préoccupé jusqu'ici. Or les méthodes qui permettent de discuter les convergences nous donnent en même temps cette limite supérieure, ce qui en accroît beaucoup l'importance et l'utilité. On ne devra donc pas s'étonner de la place que je leur accorderai dans cet Ouvrage, bien que je n'en aie peut-être pas tiré tout le parti qu'il eût convenu.

Je me suis moi-même occupé de ces questions et j'y ai consacré un Mémoire qui a paru dans le tome XIII des *Acta mathematica*; je m'y suis surtout efforcé de mettre en évidence les rares résultats relatifs au Problème des trois Corps, qui peuvent être établis avec la rigueur absolue qu'exigent les Mathématiques. C'est cette rigueur qui seule donne quelque prix à mes théorèmes sur les solutions périodiques, asymptotiques et doublement asymptotiques. On pourra y trouver, en effet, un terrain solide sur lequel on pourra s'appuyer avec confiance, et ce sera là un avantage précieux dans toutes les recherches, même dans celles où l'on ne sera pas astreint à la même rigueur.

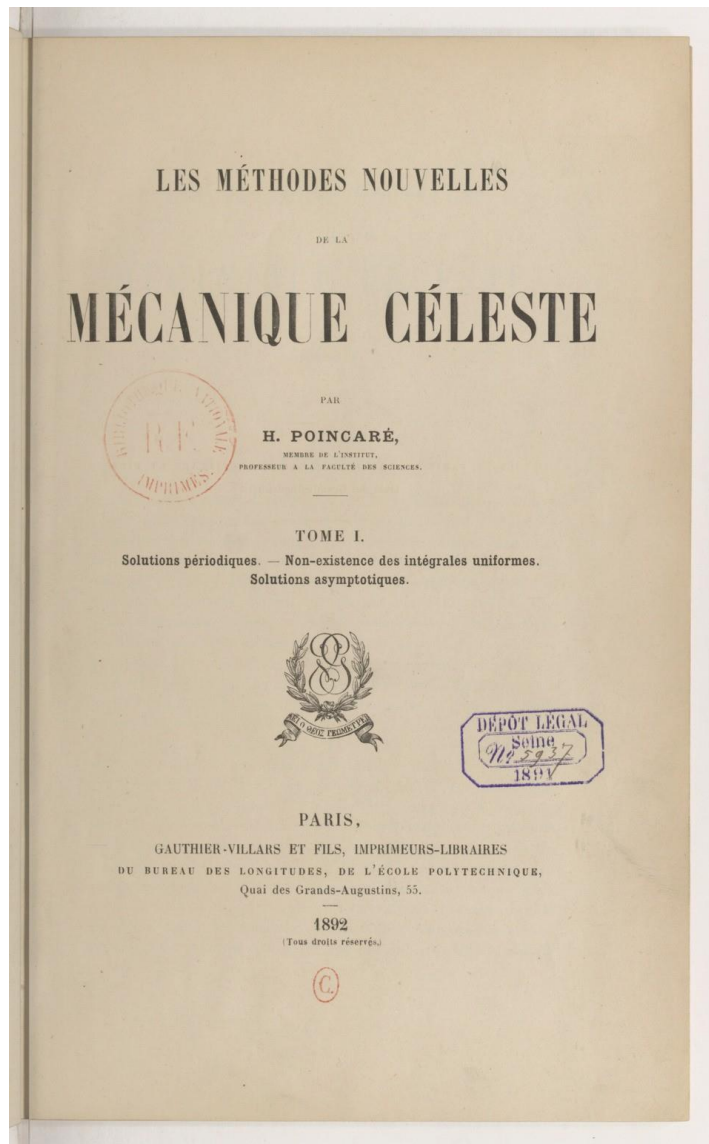
Il m'a semblé, d'autre part, que mes résultats me permettaient de réunir dans une sorte de synthèse la plupart des méthodes nouvelles récemment proposées, et c'est ce qui m'a déterminé à entreprendre le présent Ouvrage.

Dans ce premier Volume, j'ai dû me borner à l'étude des solutions périodiques du premier genre, à la démonstration de la non-existence des intégrales uniformes, ainsi qu'à l'exposition et à la discussion des méthodes de M. Lindstedt.

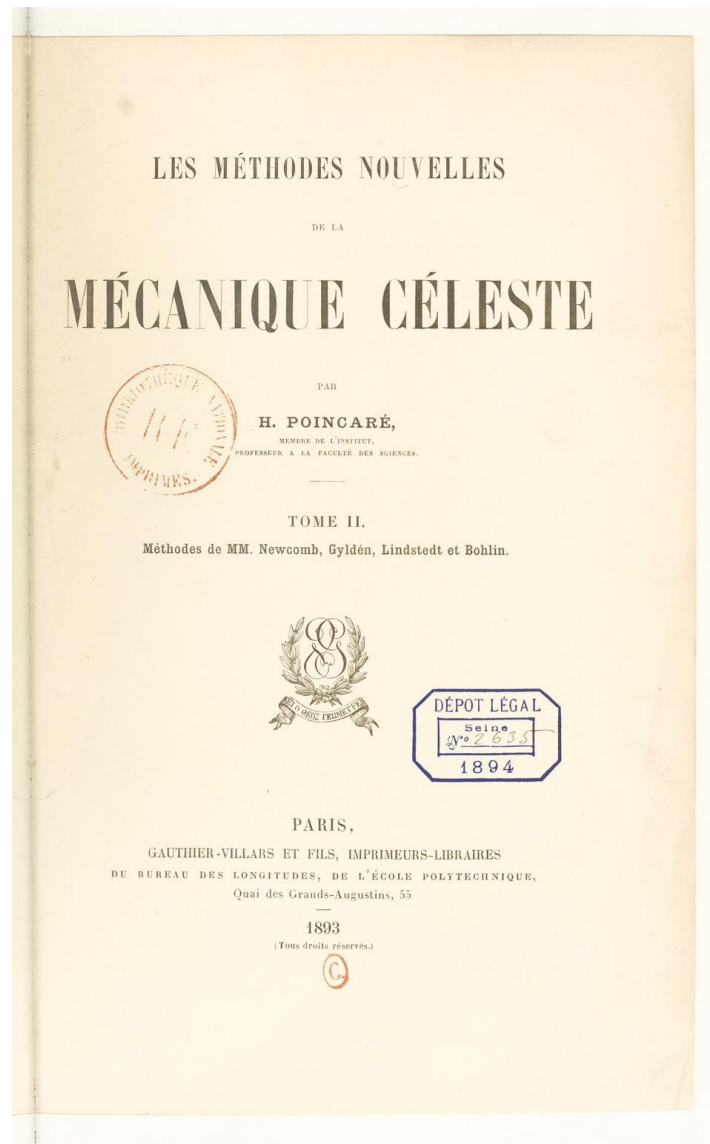


Henri Poincaré vers 1885

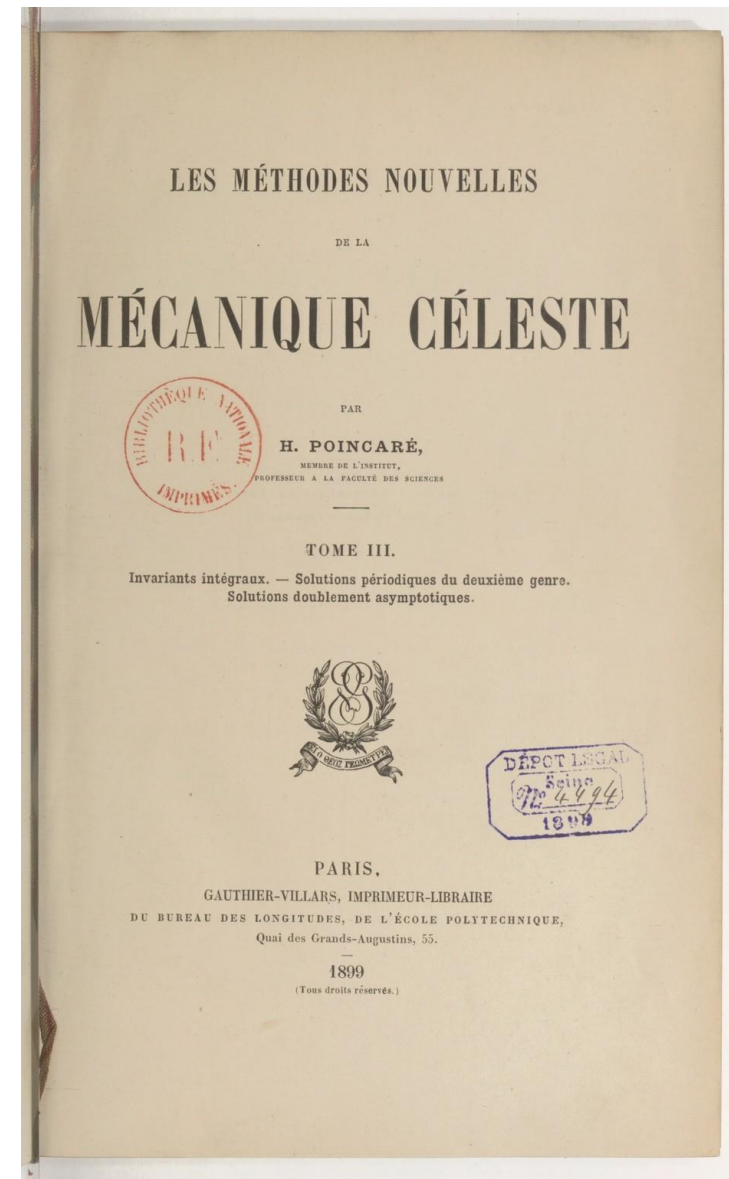
Henri Poincaré devient « inarrêtable » ...



397 pages en 1892



496 pages en 1893



414 pages en 1899

H. POINCARÉ.

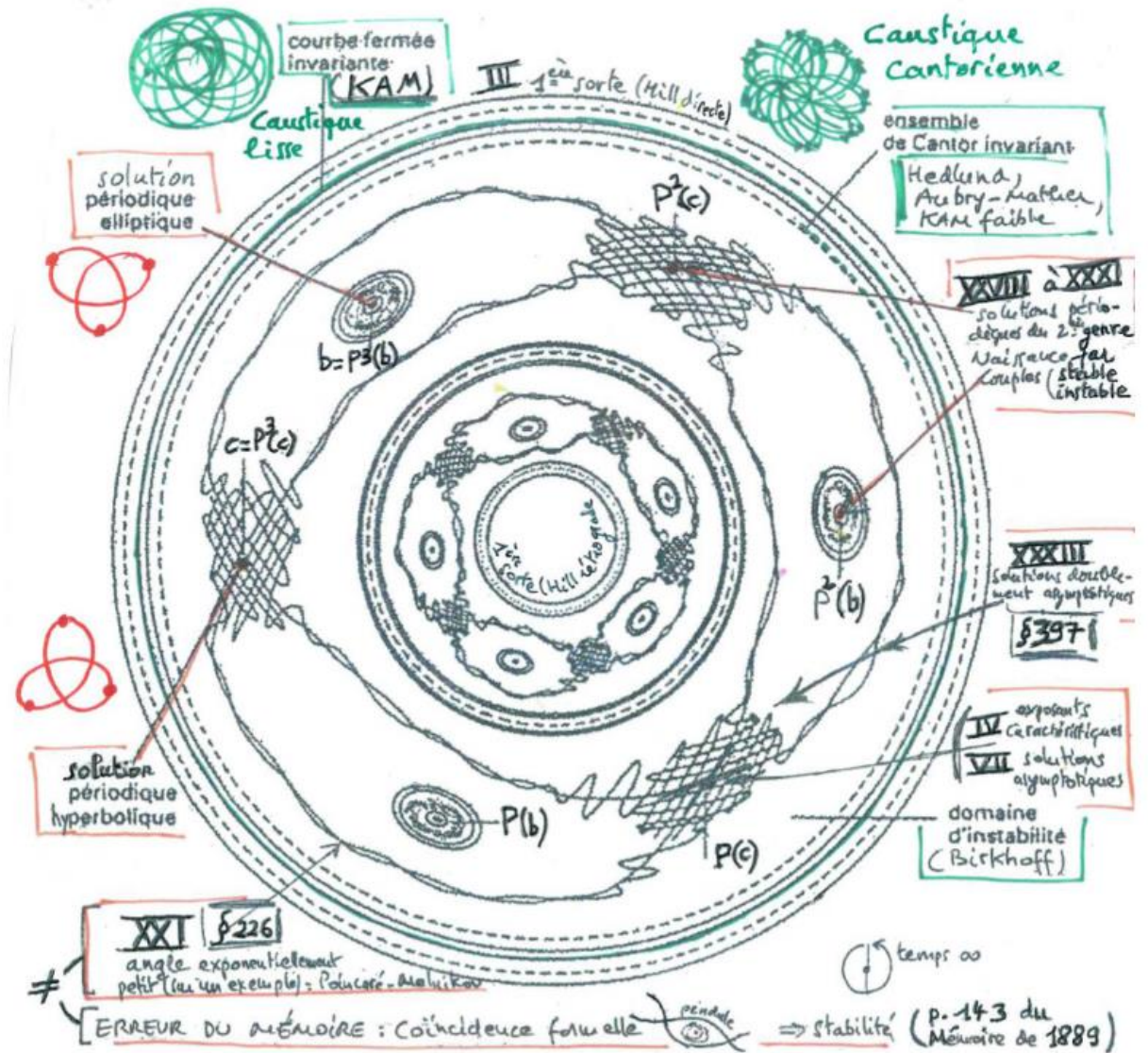
« EN AF ALLA TIDERS FRÄMSTE MATEMATIKER ».



H. S. D:s STOCKHOLMSFOTOGRAF.

Kliché: Bengt Stifversparre.

Professor Poincaré (1) med sin värd, professor Mittag-Leffler (2) å Djursholm.



Une promenade dans les « Méthodes nouvelles de la mécanique céleste » - Alain Chenciner – Gazette de la société Mathématique de France – 134 – octobre 2012

La stabilité du système solaire...

Les personnes qui s'intéressent aux progrès de la Mécanique céleste, mais qui ne peuvent les suivre que de loin, doivent éprouver quelque étonnement en voyant combien de fois on a démontré la stabilité du système solaire.

Lagrange l'a établie d'abord, Poisson l'a démontrée de nouveau, d'autres démonstrations sont venues depuis, d'autres viendront encore. Les démonstrations anciennes étaient-elles insuffisantes, ou sont-ce les nouvelles qui sont superflues ?

L'étonnement de ces personnes redoublerait sans doute, si on leur disait qu'un jour peut-être un mathématicien fera voir, par un raisonnement rigoureux, que le système planétaire est instable.

Cela pourra arriver cependant ; il n'y aura là rien de contradictoire, et cependant les démonstrations anciennes conserveront leur valeur.

Sur la stabilité du système solaire

Henri Poincaré

Annuaire du Bureau des longitudes, 1898, B1-B16; Revue scientifique 9(20), 1898, 609-613.



L'Origine du système solaire- Histoire naturelle générale et particulière, tome 1, planche qui fait face à l'article premier des « Preuves de la théorie de la Terre » p. 127 par Georges-Louis Leclerc comte de Buffon; dessinateur : N. Blakey ; graveur : S. Fessard, 1749.



Poincaré marque la fin
du déterminisme de Laplace
et le début du Chaos

Jackson Pollock « untitled » - 1950 – Fondation Krasner-Pollock

Nov. 1911 ?

Mon oher collègue,

M. Einstein est un des esprits les plus originaux que j'aie connus; malgré sa jeunesse, il a déjà pris un rang très honorable parmi les premiers savants de son temps. Ce que nous devons surtout admirer en lui, c'est la facilité avec laquelle il s'adapte aux conceptions nouvelles et sait en tirer toutes les conséquences. Il ne reste pas attaché aux principes classiques, et, en présence d'un problème de physique, est prompt à envisager toutes les possibilités. Cela se traduit immédiatement dans son esprit par la prévision de phénomènes nouveaux, susceptibles d'être un jour vérifiés par l'expérience. Je ne veux pas dire que toutes ces prévisions résisteront au contrôle de l'expérience le jour où ce contrôle deviendra possible. Comme il cherche dans toutes les directions, on doit au contraire s'attendre à ce que la plupart des voies dans lesquelles il s'engage soient des impasses; mais on doit en même temps espérer que l'une des directions qu'il a indiquées soit la bonne; et cela suffit. C'est bien ainsi qu'on doit procéder. Le rôle de la physique mathématique est de bien poser les questions, ce n'est que l'expérience qui peut les résoudre.

L'avenir montrera de plus en plus quelle est la valeur de M. Einstein, et l'Université qui saura s'attacher ce jeune maître est assurée d'en retirer beaucoup d'honneur.

Je vous remercie beaucoup de l'envoi des oeuvres de Ritz; c'est là aussi un homme qui a beaucoup fait pour la Science et dont on aurait pu attendre beaucoup plus encore si la mort ne l'avait si prématurément enlevé.

Votre bien dévoué collègue

Poincaré.

Lettre de Poincaré à Weiss en novembre 1911

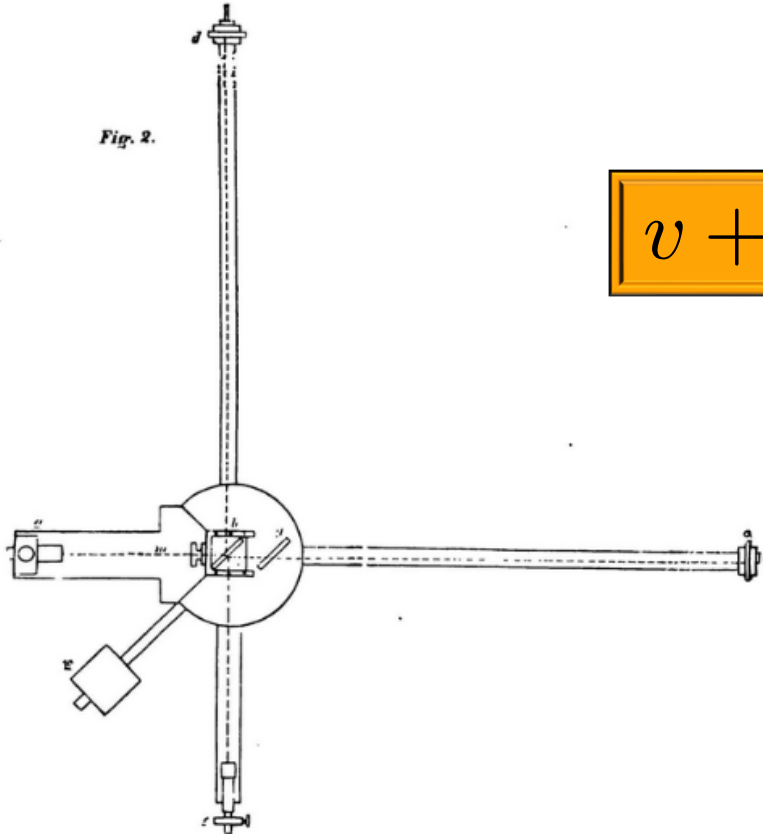
**Poincaré n'a pas fait
avancer que la
mécanique céleste...**



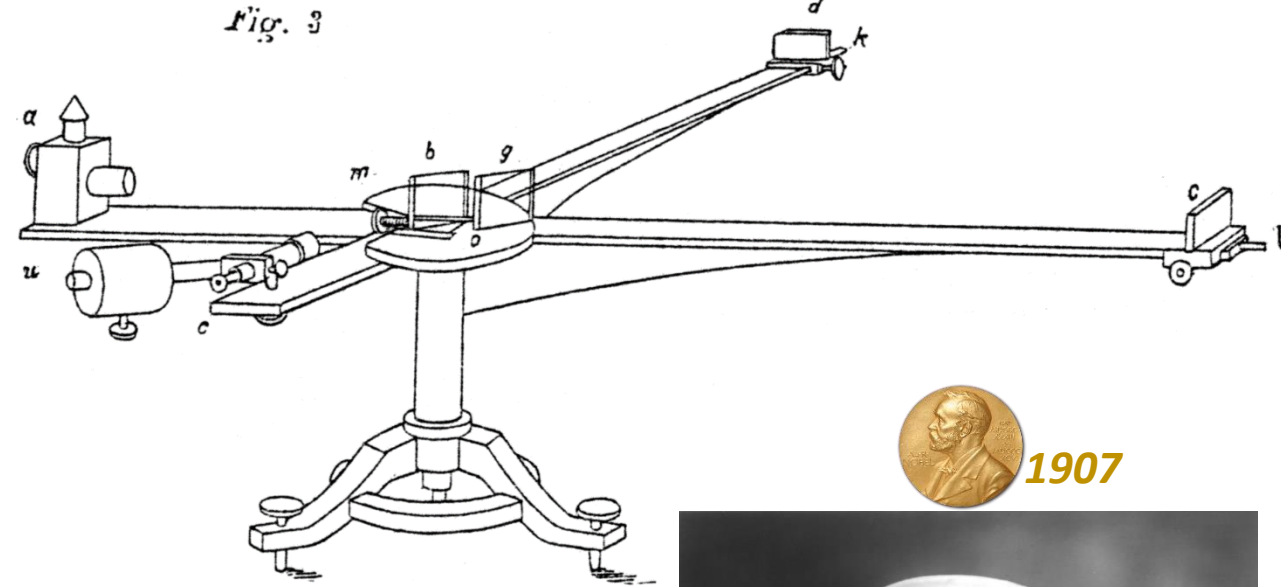
Photographie des participants du 1er congrès Solvay prise le 2 novembre 1911 par Benjamin Couprie, à l'hôtel metropole de Bruxelles
Assis : Walther Nernst, Marcel Brillouin, Ernest Solvay, Hendrik Antoon Lorentz, Emil Warburg, Jean Baptiste Perrin, Wilhelm Wien, Marie Skłodowska-Curie et Henri Poincaré.
Debout : Robert Goldschmidt, Max Planck, Heinrich Rubens, Arnold Sommerfeld, Frederick Lindemann, Maurice de Broglie, Martin Knudsen, Friedrich Hasenöhrl, Georges Hostelet, Edouard Herzen, James Jeans, Ernest Rutherford, Heike Kamerlingh Onnes, Albert Einstein et Paul Langevin.

ART. XXL—*The relative motion of the Earth and the Luminiferous ether*; by ALBERT A. MICHELSON. Master, U. S. Navy.

THE undulatory theory of light assumes the existence of a medium called the ether, whose vibrations produce the phenomena of heat and light, and which is supposed to fill all space. According to Fresnel, the ether, which is enclosed in optical media, partakes of the motion of these media, to an extent depending on their indices of refraction. For air, this motion would be but a small fraction of that of the air itself and will be neglected.



$$v + c = c$$



AMERICAN
JOURNAL OF SCIENCE.

EDITORS
JAMES D. AND E. S. DANA, AND B. SILLIMAN.
ASSOCIATE EDITORS
PROFESSORS ASA GRAY, JOSIAH P. COOKE, AND
JOHN TROWBRIDGE, OF CAMBRIDGE,
PROFESSORS H. A. NEWTON AND A. E. VERRILL, OF
NEW HAVEN,
PROFESSOR GEORGE F. BARKER, OF PHILADELPHIA.

THIRD SERIES.
VOL. XXII.—[WHOLE NUMBER, CXXII.]
Nos. 127—132.
JULY TO DECEMBER, 1881.

WITH SIX PLATES.
NEW HAVEN, CONN.: J. D. & E. S. DANA.
1881.



Albert A. Michelson en 1918

universelle de combustion pour tous les corps combustibles, quel qu'en fût l'état, et même aux corps fixes, solides ou liquides.

Tous ces corps en effet peuvent être brûlés presque instantanément dans l'oxygène comprimé à 25^{atm} et employé en grand excès, de façon que le produit final contienne au moins, sur 100 volumes gazeux, 60 volumes d'oxygène libre. Telle est la méthode de la bombe calorimétrique à oxygène comprimé, méthode d'une réalisation facile, donnant lieu à des mesures très promptes et presque exemptes de corrections. La combustion y est intégrale, comme plusieurs savants l'ont vérifié dans une multitude de cas, en analysant les gaz de cette combustion. Ce résultat rend frivole toute objection fondée sur la marche intermédiaire suivant laquelle cette combustion peut s'accomplir. En effet, c'est un principe de Thermo-chimie que la chaleur totale dégagée dépend uniquement de l'état initial et de l'état final, étant indépendante des états intermédiaires.

La grande exactitude de cette méthode a été constatée en fait par les nombreux expérimentateurs qui l'ont mise en cause, non seulement en France, mais dans les autres pays et notamment en Allemagne, où elle a été éprouvée par des savants exercés, tels que Stohmann et M. E. Fisher.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur la dynamique de l'électron.*

Note de M. H. POINCARÉ.

Il semble au premier abord que l'aberration de la lumière et les phénomènes optiques qui s'y rattachent vont nous fournir un moyen de déterminer le mouvement absolu de la Terre, ou plutôt son mouvement, non par rapport aux autres astres, mais par rapport à l'éther. Il n'en est rien; les expériences où l'on ne tient compte que de la première puissance de l'aberration ont d'abord échoué et l'on en a aisément découvert l'explication; mais Michelson, ayant imaginé une expérience où l'on pouvait mettre en évidence les termes dépendant du carré de l'aberration, ne fut pas plus heureux. Il semble que cette impossibilité de démontrer le mouvement absolu soit une loi générale de la nature.

Une explication a été proposée par Lorentz, qui a introduit l'hypothèse d'une contraction de tous les corps dans le sens du mouvement terrestre; cette contraction rendrait compte de l'expérience de Michelson et de toutes celles qui ont été réalisées jusqu'ici, mais elle laisserait la place à d'autres expériences plus délicates encore, et plus faciles à concevoir qu'à exécuter,



Clické Henri Manaut.

Heinrich Hertz



1921

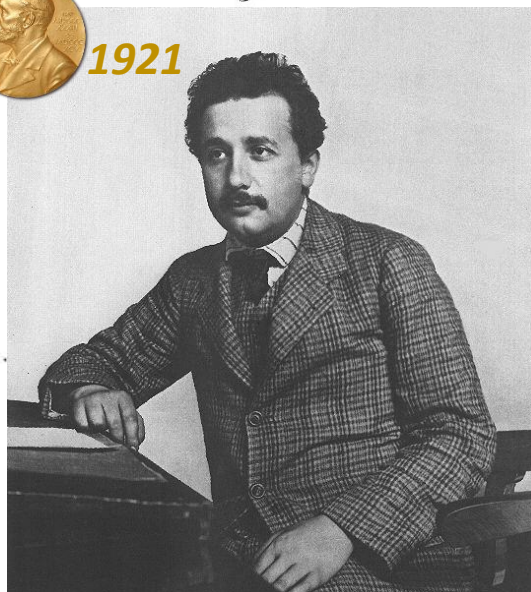


Photo d'Albert Einstein prise au bureau des brevets de Berne en 1905 par son collègue Lucien Chavan

3. *Zur Elektrodynamik bewegter Körper;* *von A. Einstein.*

(*De l'électrodynamique des corps en mouvement*)

Daß die Elektrodynamik Maxwells — wie dieselbe gegenwärtig aufgefaßt zu werden pflegt — in ihrer Anwendung auf bewegte Körper zu Asymmetrien führt, welche den Phänomenen nicht anzuhaften scheinen, ist bekannt. Man denke z. B. an die elektrodynamische Wechselwirkung zwischen einem Magneten und einem Leiter. Das beobachtbare Phänomen hängt hier nur ab von der Relativbewegung von Leiter und Magnet, während nach der üblichen Auffassung die beiden Fälle, daß der eine oder der andere dieser Körper der bewegte sei, streng voneinander zu trennen sind. Bewegt sich nämlich der Magnet und ruht der Leiter, so entsteht in der Umgebung des Magneten ein elektrisches Feld von gewissem Energiewerte, welches an den Orten, wo sich Teile des Leiters befinden, einen Strom erzeugt. Ruht aber der Magnet und bewegt sich der Leiter, so entsteht in der Umgebung des Magneten kein elektrisches Feld, dagegen im Leiter eine elektromotorische Kraft, welcher an sich keine Energie entspricht, die aber — Gleichheit der Relativbewegung bei den beiden ins Auge gefaßten Fällen vorausgesetzt — zu elektrischen Strömen von derselben Größe und demselben Verlaufe Veranlassung gibt, wie im ersten Falle die elektrischen Kräfte.

Beispiele ähnlicher Art, sowie die mißlungenen Versuche, eine Bewegung der Erde relativ zum „Lichtmedium“ zu konstatieren, führen zu der Vermutung, daß dem Begriffe der absoluten Ruhe nicht nur in der Mechanik, sondern auch in der Elektrodynamik keine Eigenschaften der Erscheinungen entsprechen, sondern daß vielmehr für alle Koordinatensysteme, für welche die mechanischen Gleichungen gelten, auch die gleichen elektrodynamischen und optischen Gesetze gelten, wie dies für die Größen erster Ordnung bereits erwiesen ist. Wir wollen diese Vermutung (deren Inhalt im folgenden „Prinzip der Relativität“ genannt werden wird) zur Voraussetzung erheben und außerdem die mit ihm nur scheinbar unverträgliche

Annalen der Physik, vol. 17, n° 10, 30 juin 1905, p. 891-921

La relativité restreinte ne s'applique pas à la description de l'Univers dans son ensemble!

Acte 1 : de 1905 à 1907

Le principe d'équivalence et ses implications



Mileva Maric et Albert Einstein vers 1902

Une vie de couple compliquée !

La relativité restreinte ne s'applique pas à la description de l'Univers dans son ensemble!

Acte 1 : de 1905 à 1907

Le principe d'équivalence et ses implications



Mileva Maric et Albert Einstein vers 1902



1907

Minkowski propose le bon formalisme...

Il meurt d'une crise d'appendicite en janvier 1909

Les équations fondamentales des phénomènes électromagnétiques dans les corps en mouvement.
par Hermann Minkowski

Introduction

L'accord n'est pas encore complet actuellement sur les équations fondamentales de l'Electrodynamique dans les corps en mouvement. La forme proposée par Hertz (1890) a dû être abandonnée, différents faits expérimentaux se trouvant en contradiction avec elle.

Basé sur une ~~simple~~ représentation atomistique de l'Electricité, la théorie des phénomènes optiques et électriques dans les corps en mouvement publiée par H.A. Lorentz en 1895, semble justifier par sa remarquable fécondité, les hypothèses hardies qui la supportent et la précèdent.

La théorie de Lorentz ~~forme~~ ~~point~~ ~~de~~ ~~départ~~ de certaines équations initiales, satisfaites en tout point de l'éther et parvient aux équations pour les phénomènes ~~par~~ dans les corps pondérables par le calcul de moyennes dans des volumes « physiquement infiniment petits », mais contenant en réalité un grand nombre d'électrons.

En particulier, la théorie de Lorentz rend compte de l'impossibilité expérimentale de mettre en évidence un mouvement relatif de la terre par rapport à l'éther, elle fait dépendre ce résultat d'une covariance des équations initiales pour certaines transformations des coordonnées et du temps auxquelles H. Poincaré a donné le nom de transformations de Lorentz. Pour ces équations initiales, la covariance pour les transformations de Lorentz est un fait purement mathématique, que j'appellerai le théorème de relativité; ce théorème résulte essentiellement de la forme des équations différentielles pour la propagation des ondes avec la vitesse de la lumière.

Sans formuler encore d'hypothèses précises sur les relations entre l'électricité et la matière, on peut s'attendre à ce que le théorème précédent étende ses conséquences de telle manière



Albert Einstein et Paul Langevin à Paris en 1922

Article publié originellement dans Nachr. Ges. Wiss. Gottingen 53 111.
Traduction manuscrite du mémoire de Minkowski sur l'électrodynamique des milieux en mouvement par Paul Langevin. L'original se trouve à l'ESPCI à Paris.
hal-00321285

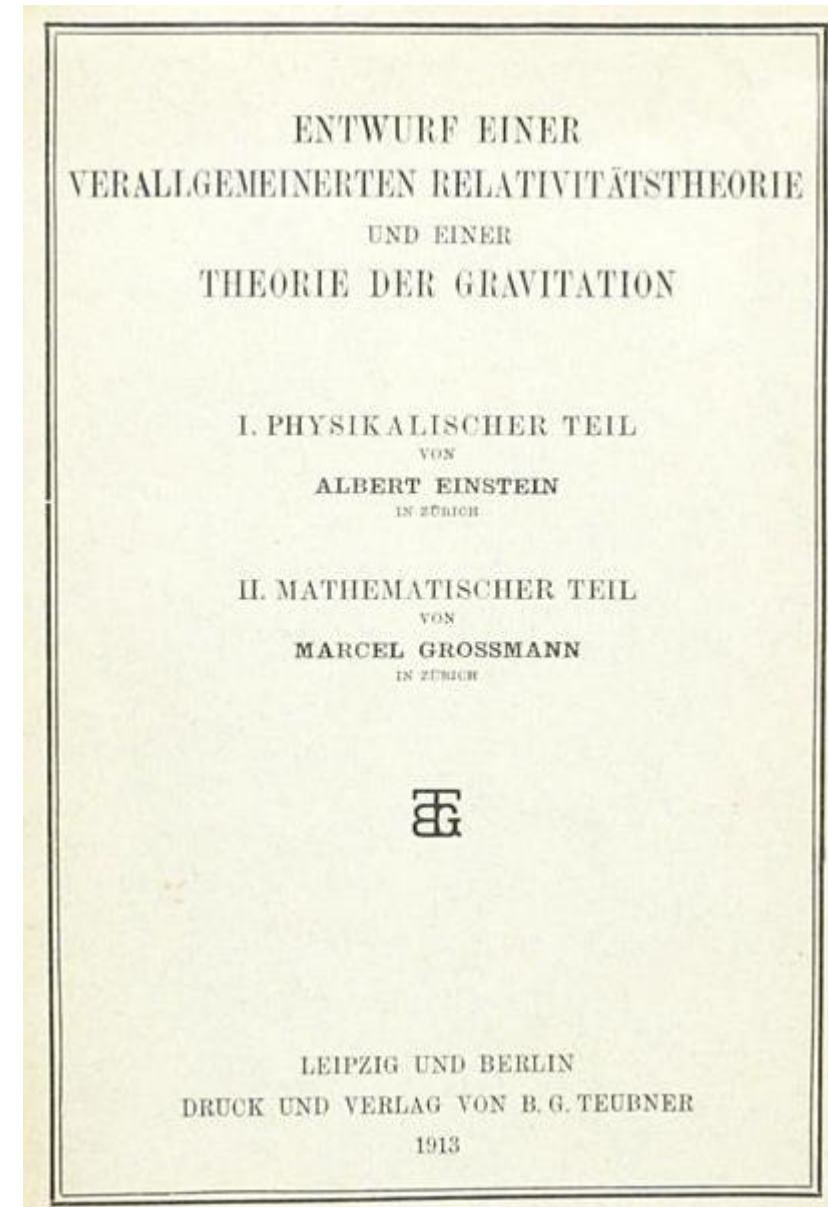
La relativité restreinte ne s'applique pas à la description de l'Univers dans son ensemble!

Acte 2 : de 1911 à 1913

L'utilisation de la géométrie riemannienne pour encoder la gravitation



Marcel Grossman, Einstein, Gustav Geissler, and Eugen Grossman à l'ETH de Zurich en 1898



« Esquisse d'une théorie généralisée de la relativité et d'une théorie de la gravitation » Albert Einstein et Marcel Grossmann, 1913

La relativité restreinte ne s'applique pas à la description de l'Univers dans son ensemble!

1914-1915 : Les équations du champ de gravitation

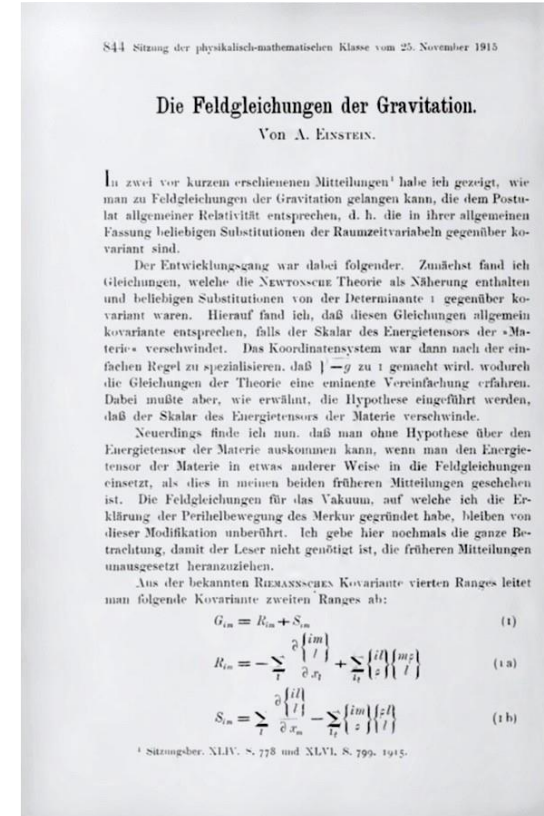
In June-July 1915, shortly after Noether arrived, Albert Einstein gave six lectures in Göttingen on the general theory of relativity. At that time the theory was not yet finished; he had not yet found the complete field equations. However, the basic ideas were clear and his audience found them compelling. After giving the lectures, Einstein said [9]: "To my great joy, I completely succeeded in convincing Hilbert and Klein."



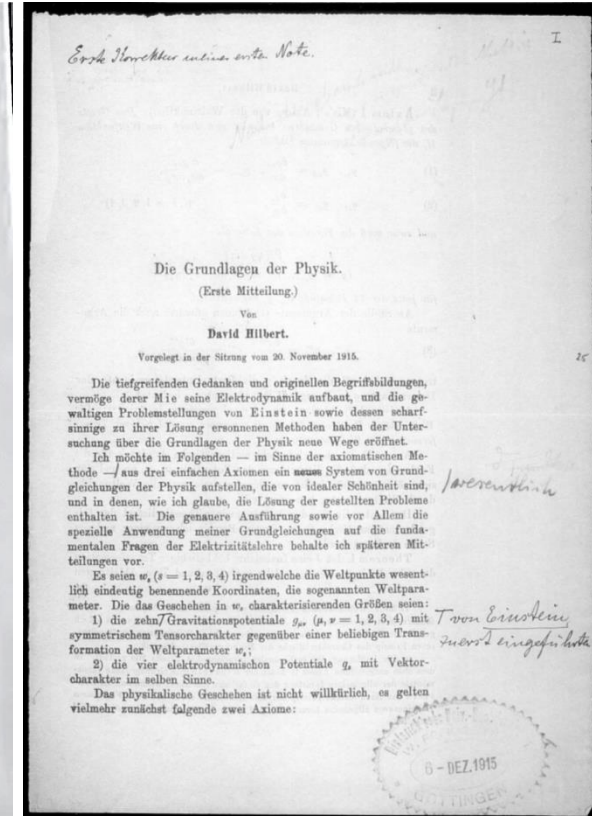
Albert Einstein à l'académie des science de Prusse à Berlin en 1914



David Hilbert photographie à Göttingen en 1912



Einstein (25 Novembre 1915). Die Feldgleichungen der Gravitation ("Les équations du champ de gravitation")



Hilbert (20 Novembre 1915). Die Grundlagen der Physik ("Sur les fondations de la physique").

The New York Times.

TUESDAY, NOVEMBER 25, 1919.

A NEW PHYSICS, BASED ON EINSTEIN

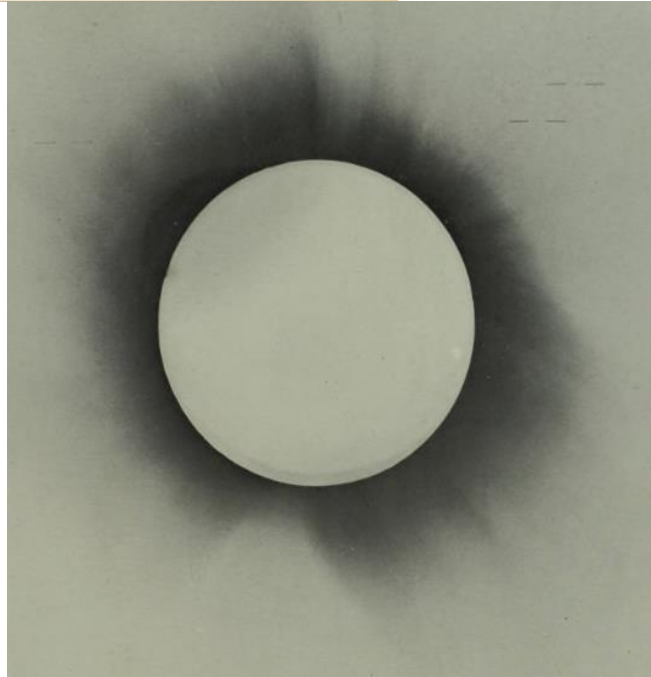
Sir Oliver Lodge Says It Will
Prevail, and Mathematicians
Will Have a Terrible Time.

SPACE OF FOUR DIMENSIONS

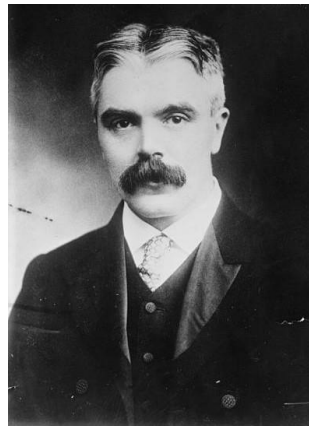
In Which Gravity Ceases to be
a Force and Becomes
a Quality.

ATTEMPT TO MEASURE IT

Its Radius Put at 16,000,000 Light-
Years, or 80 Times the Distance to
Farthest Star Cluster Known.



Sir Arthur Eddington en 1919, professeur Plumien d'astro-nomie expérimentale à Cambridge. Premier étudiant de deuxième année à se classer Senior Wrangler au Tripos de mathématiques (1904)



Sir Frank Watson Dyson Astronome Royal

IX. *A Determination of the Deflection of Light by the Sun's Gravitational Field, from Observations made at the Total Eclipse of May 29, 1919.*

By Sir F. W. DYSON, F.R.S., Astronomer Royal, Prof. A. S. EDDINGTON, F.R.S., and Mr. C. DAVIDSON.

(Communicated by the Joint Permanent Eclipse Committee.)

Received October 30,—Read November 6, 1919.

[PLATE 1.]

CONTENTS.

	Page
I. Purpose of the Expeditions	291
II. Preparations for the Expeditions	293
III. The Expedition to Sobral	296
IV. The Expedition to Principe.	312
V. General Conclusions	330

I. PURPOSE OF THE EXPEDITIONS.

I. THE purpose of the expeditions was to determine what effect, if any, is produced by a gravitational field on the path of a ray of light traversing it. Apart from possible surprises, there appeared to be three alternatives, which it was especially desired to discriminate between—

- (1) The path is uninfluenced by gravitation.
- (2) The energy or mass of light is subject to gravitation in the same way as ordinary matter. If the law of gravitation is strictly the Newtonian law, this leads to an apparent displacement of a star close to the sun's limb amounting to $0''\cdot87$ outwards.
- (3) The course of a ray of light is in accordance with EINSTEIN'S generalised relativity theory. This leads to an apparent displacement of a star at the limb amounting to $1''\cdot75$ outwards.

In either of the last two cases the displacement is inversely proportional to the distance of the star from the sun's centre, the displacement under (3) being just double the displacement under (2).

It may be noted that both (2) and (3) agree in supposing that light is subject to gravitation in precisely the same way as ordinary matter. The difference is that, whereas (2) assumes the Newtonian law, (3) assumes EINSTEIN'S new law of gravitation. The slight