

Zeitschrift: Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft
Herausgeber: Schweizerische Astronomische Gesellschaft
Band: - (1944)
Heft: 2

Artikel: Newton et la gravitation universelle
Autor: Guyot, E.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-897038>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 02.02.2025

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

Newton et la gravitation universelle

Par le Prof. Dr. E. GUYOT.

Isaac Newton est né le 5 janvier 1643 à Whoolsthorpe près de Grantham (Lincolnshire) en Angleterre. Après avoir étudié au collège de Grantham, il fut rappelé par sa mère à l'âge de 14 ans pour travailler dans la ferme qu'elle dirigeait. Mais les travaux agricoles lui convenaient si peu que sa mère l'envoya à l'Université de Cambridge en qualité de serviteur des écoliers. C'est là qu'il apprit tout seul la géométrie de Descartes, l'optique de Képler, l'arithmétique des infinis de Wallis et réussit à se faire admettre comme étudiant. En 1669, lorsque le professeur Barrow abandonna la chaire de mathématiques, elle fut confiée à Newton qui la conserva jusqu'en 1701. Ses études le rendirent vite vélébre et en 1671 il est nommé membre de la Société Royale fondée à Londres par Charles II, en 1660. Le jour de sa réception, il fait connaître à ses collègues le télescope qui porte son nom. En 1699, l'Académie des Sciences le nomme membre associé; il entre au Parlement en 1701, est créé Sir en 1705 et meurt le 31 mars 1727. „Les restes mortels de ce grand homme, a écrit Fourier, furent solennellement déposés parmi les tombes royales à Westminster.“

Le grand mérite de Newton est d'avoir énoncé la loi de la gravitation universelle qui fit faire un prodigieux pas en avant à l'astronomie en général, à la mécanique céleste en particulier. Pour expliquer le mouvement des astres du système solaire, on admettait alors la théorie des tourbillons publiée en 1644 par Descartes dans ses „Principia Philosophiae“. Cette théorie a été fort bien exposée par Fontenelle dans ses „Entretiens sur la pluralité des Mondes habités“ auxquels nous empruntons le passage suivant:

„Ce qu'on appelle un tourbillon, c'est un amas de matière dont les parties sont détachées les unes des autres, et se meuvent toutes en un même sens; permis à elles d'avoir pendant ce temps-là quelques petits mouvements particuliers, pourvu qu'elles suivent toujours le mouvement général. Ainsi, un tourbillon de vent c'est une infinité de petites parties d'air, qui tournent en rond toutes ensemble, et enveloppent ce qu'elles rencontrent. Vous savez que les planètes sont portées dans la matière céleste, qui est d'une subtilité et d'une agitation prodigieuse. Tout ce grand amas de matière céleste, qui est depuis le soleil jusqu'aux étoiles fixes, tourne en rond; et emportant avec soi des planètes, les fait tourner toutes en un même sens autour du soleil, qui occupe le centre, mais en des temps plus ou moins longs, selon qu'elles en sont plus ou moins éloignées. Il n'y a pas jusqu'au soleil qui ne tourne sur lui-même, parce qu'il est justement au milieu de cette matière céleste. Vous remarquerez en passant, que quand la terre serait dans la place où il est, elle ne pourrait encore faire moins que de tourner sur elle-même.

Voilà quel est le grand tourbillon dont le soleil est comme le maître; mais en même temps, les planètes se composent de petits

tourbillons particuliers à l'imitation de celui du soleil. Chacune d'elle, en tournant autour du soleil, ne laisse pas de tourner autour d'elle-même, et fait tourner aussi autour d'elle en même sens une certaine quantité de cette matière céleste qui est toujours prête à suivre tous les mouvements qu'on lui veut donner, s'ils ne la détournent pas de son mouvement général. C'est là le tourbillon particulier de la planète, et elle le pousse aussi loin que la force de son mouvement se peut étendre. S'il faut qu'il tombe dans ce petit tourbillon quelque planète moindre que celle qui y domine, la voilà emportée par la grande, et forcée indispensablement à tourner autour d'elle, et le tout ensemble, la grande planète la petite et le tourbillon qui les renferme, n'en tourne pas moins autour du soleil. C'est ainsi qu'au commencement du monde nous nous fîmes suivre par la lune, parce qu'elle se trouva dans l'étendue de notre tourbillon, et tout à fait à notre bienséance. Jupiter, dont je commençais à vous parler, fut plus heureux ou plus puissant que nous: il y avait dans son voisinage quatre petites planètes, il se les assujettit toutes quatre; et nous qui sommes une planète principale, croyez-vous que nous l'eussions été, si nous nous fussions trouvés proche de lui? Il est mille fois plus gros que nous; il nous aurait engloutis sans peine dans son tourbillon, et nous ne serions qu'une lune de sa dépendance, au lieu que nous en avons une qui est dans la nôtre: tant il est vrai que le seul hasard de la situation décide souvent de toute la fortune qu'on doit avoir...“ Telles étaient les idées de René Descartes sur le mouvement des planètes.

A vrai dire ces idées n'étaient pas partagées par tous les savants et certaines théories annonçaient déjà la découverte de Newton. D'après les pythagoriciens et les platoniciens, le mouvement des planètes est dû à une force de projection et à une force de pesanteur. Plutarque et Képler croyaient à une attraction entre les corps de l'univers. Pour Copernic, la rondeur des corps est due à une attraction entre leurs éléments et cette idée fut partagée par Pascal et de Roberval. Tycho Brahé explique le mouvement des planètes autour du soleil en admettant l'existence d'une force qui les attire vers cet astre. En 1666, Borelli soutenait que les mouvements des planètes autour du soleil obéissent aux mêmes lois que ceux des satellites autour de leurs planètes. En 1674, Robert Hooke essaie d'établir que les astres exercent une force d'attraction sur leurs propres éléments et sur les autres corps célestes; cette force est d'autant plus grande que les corps sont plus rapprochés. La loi de la gravitation universelle était donc dans l'air et le principal mérite de Newton est de l'avoir démontrée.

C'est la chute d'une pomme qui, en 1666, fit surgir dans le cerveau de Newton l'idée que la pesanteur pourrait bien étendre son effet jusqu'à la lune et ce pommier fut l'objet d'un culte de la part des admirateurs de Newton; il fut renversé par un ouragan en 1826 et avec son bois on fabriqua une chaise qu'on montre encore aujourd'hui aux amateurs de curiosités. Newton se posa la question suivante: La pesanteur diminue-t-elle comme le carré de la dis-

tance? On savait que près de la surface de la terre la chute des corps pendant la première seconde est de 15 pieds en chiffres ronds. De combien serait cette chute à une distance de 10, 100, 1000 lieues de la surface terrestre? La réponse était facile en admettant comme démontrée la proposition entrevue par Képler qui veut que l'attraction soit en raison inverse du carré de la distance. La chute d'un corps à une distance quelconque exprimée en rayons terrestres sera égale à 15 pieds divisés par le carré de la distance. Or si l'on calcule ce que devient la pesanteur sur le pic le plus haut de l'Hymalaya dont l'altitude est de 24150 pieds au-dessus du niveau de la mer, on trouve que la chute d'un corps pendant la première seconde n'est plus de 15 pieds mais de 14,97 pieds. La diminution est donc extrêmement faible et ne pouvait être vérifiée directement. Newton fait alors le raisonnement suivant: Si la force d'attraction est à peine diminuée à plus de 10 milles au-dessus de la surface de la terre, peut-être qu'à la distance de la lune cette diminution sera assez sensible pour être vérifiée. Sachant que la lune est à une distance moyenne de 60,2965 rayons terrestres de la terre, on trouve qu'un corps mis à la place de la lune tomberait de 0,00413 pied pendant la première seconde; c'est ce que Newton devait démontrer.

Huygens, en étudiant le mouvement des corps qui décrivent un cercle, avait établi que la force centrale d'attraction produisant le mouvement diminue à mesure que la distance du corps attiré augmente et cela dans le rapport du carré de cette distance. Newton fait usage de cette proposition pour résoudre son problème. Cependant, pour arriver à ses fins, il devait connaître deux données importantes: Le temps exact de la révolution lunaire et la mesure précise du rayon de la terre. On savait depuis longtemps que la révolution sidérale de la lune vaut 27,321614 jours, c'est-à-dire que la lune met un peu moins d'un mois pour décrire son ellipse autour de la terre. Connaissant cette durée de révolution ainsi que la distance de la lune à la terre exprimée en pieds, il était facile de calculer le nombre de pieds parcourus par la lune en une seconde. Mais la distance de la terre à la lune vaut en moyenne 60,2965 rayons terrestres; pour obtenir cette distance en pieds, il fallait la multiplier par le rayon terrestre exprimé en pieds. C'est ici que les déboires de Newton commencent; au lieu d'utiliser la valeur du rayon terrestre déduite des travaux de Snellius et de Norwood qu'il ne connaissait probablement pas, il emploie une valeur erronée d'où il déduit que la lune parcourt en une seconde une distance de 27,335 pieds, résultat d'un septième trop petit environ. Avec cette donnée, la chute d'un corps placé à la distance de la lune et soumis aux seuls effets de la pesanteur terrestre serait de 0,000361 pied pendant la première seconde au lieu de 0,00413. Un pareil désaccord entre le calcul et l'observation ne pouvait être mis sur le compte d'une erreur d'observation. Newton, qui avait toute confiance en l'exactitude des éléments de son calcul, rejeta tout simplement l'hypothèse d'où il était parti, c'est-à-dire qu'il estima

inexact de prétendre que la même force fait tomber un corps et mouvoir la lune, en tous cas qu'il est faux d'admettre que cette force diminue comme le carré de la distance. Il pensa que d'autres forces entraient probablement en jeu qu'il avait négligées et il se reprocha même d'avoir rejeté la théorie des tourbillons de Descartes. Ces tourbillons ne se prêtaient malheureusement pas aux calculs.

Seize ans se passèrent pendant lesquels Newton ne s'occupa plus du problème qui l'avait passionné. En juin 1682, il se rendit à une réunion de la Société royale et entendit par hasard une conversation dans laquelle il était question des résultats obtenus en France par Picard pour la mesure du méridien. Un des membres avait reçu une lettre dans laquelle ces résultats étaient discutés. Newton en prit note et se désintéressa complètement du reste de la séance. Rentré chez lui, il reprit ses anciens calculs de 1666 et les refit en utilisant le nouveau rayon terrestre déduit des résultats de Picard. Cette fois, la vérification de son hypothèse était complète; il avait démontré la loi de l'attraction universelle selon laquelle chaque molécule d'un corps attire toutes les autres en raison directe de sa masse et en raison inverse du carré de la distance à la molécule attirée. Les corps célestes eux-même s'attirent mutuellement selon la même loi qui est valable dans tout l'univers, d'où son nom de loi de la gravitation universelle. Non seulement le soleil agit sur les planètes en leur faisant parcourir des ellipses, mais les planètes elles-mêmes agissent les unes sur les autres proportionnellement à leur masse de manière à apporter dans leur orbite un trouble apparent; ce trouble et la confirmation la plus belle, de la plus harmonieuse, de la grande loi universelle, formulée par ces simples paroles: „La force d'attraction d'un corps est égale à la masse divisée par le carré de la distance“.

On pense que Newton rédigea de 1684 à 1685 l'ouvrage intitulé: „*Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*“, dans lequel il expose ses découvertes. Il ne voulait pas le publier pour éviter des querelles scientifiques; son ami Halley réussit à vaincre ses hésitations et fit imprimer le livre à ses frais. Il parut en mai 1687. Les conséquences de cette publication furent énormes. La loi de la gravitation universelle a permis d'expliquer toutes les perturbations planétaires. En admettant la présence d'une seule planète dans le voisinage du soleil, le calcul permet de vérifier les lois de Képler selon lesquelles la planète décrit une ellipse dont le soleil occupe un des foyers; c'est le problème des deux corps. Qu'une seconde planète intervienne et s'approche de la première, elle produira dans son mouvement des perturbations que la loi de la gravitation universelle permet de calculer; c'est le problème des trois corps.

Un grand nombre de découvertes astronomiques ont été la conséquence de la loi de la gravitation universelle. C'est en constatant des perturbations anormales dans la marche de la planète Uranus que l'astronome français Le Verrier découvrit Neptune par

le calcul. Quand Herschel découvrit Uranus le 13 mars 1781, on s'aperçut que cette planète avait déjà été observée 20 fois comme étoile fixe de 1690 à 1771. En 1820, l'astronome Bouvard entreprit la théorie de cette planète; il possédait les 20 observations anciennes et de nouvelles observations faites de 1781 à 1820. Malheureusement, les observations anciennes ne s'accordaient pas avec les nouvelles et Bouvard les laissa de côté en émettant l'idée que le désaccord provenait peut-être d'une action étrangère qui aurait agi sur la planète. Au bout de quelques années, on s'aperçut que les positions calculées par Bouvard étaient passablement différentes des positions observées. Arago signale ces écarts à Le Verrier qui refait les calculs de Bouvard et arrive au même résultat. Il essaie alors d'expliquer les irrégularités d'Uranus par la présence d'une planète inconnue. La tâche n'était pas aisée et Le Verrier fut un moment découragé car il obtint un résultat négatif pour une quantité essentiellement positive. Grâce à sa persévérance, il arrive quand même au but en recommençant les calculs de manière à diminuer autant que possible l'influence des erreurs d'observation sur le résultat. Le 18 septembre 1846, il écrit à Galle, astronome à Berlin, pour lui communiquer la position de la planète; le 23 septembre, c'est-à-dire le jour où il reçoit cette lettre, Galle observe la planète à 52' de la position donnée par Le Verrier.

Cet exemple montre bien l'énorme portée de la découverte de Newton qui permit d'appliquer les mathématiques à toutes les questions de mécanique céleste. La position de la planète Pluton fut aussi calculée à l'avance grâce aux perturbations qu'elle provoquait dans la marche de Neptune et c'est ce qui permit aux astronomes de l'Observatoire Lowell à Flagstaff de la découvrir par la photographie le 21 janvier 1930.

Newton lui-même tira de nombreuses conséquences de la loi de la gravitation universelle. Il explique tout d'abord le phénomène des marées. En supposant la terre complètement recouverte d'eau, il montre que ce fluide sous l'action du soleil prend la forme d'un ellipsoïde dont le grand axe est constamment dirigé vers le soleil. La lune produit aussi un ellipsoïde, mais plus allongé car son action est plus puissante que celle du soleil parce que notre satellite est très rapproché de nous. Au moment des syzygies (nouvelles et pleines lunes), les actions du soleil et de la lune s'ajoutent; elles se retranchent aux quadratures (premiers et derniers quartiers). Il en résulte des grandes et des petites marées que personne n'avait réussi à expliquer avant Newton. Ce dernier prouve aussi que l'aplatissement de la terre selon la ligne des pôles est dû à sa rotation autour de son axe. Grâce à cet aplatissement, il explique la précession des équinoxes qui n'existerait pas pour une planète parfaitement sphérique. Il s'occupe aussi du problème de la nutation de la lune sans arriver à le résoudre complètement ce que feront plus tard D'Alembert, Euler et Laplace.

Contrairement à ce que l'on pourrait croire, le livre des „Principes“ fut très mal accueilli sur tout le continent et si l'on ne

malmena pas Newton comme Galilée, il fallut cependant une cinquantaine d'années pour que ses idées exercent leur influence sur les travaux des savants. La réputation de Descartes était trop grande pour qu'on renonçât d'un jour à l'autre à sa physique des tourbillons. L'orgueil national s'en mêla aussi; on traita Maupertuis et Voltaire de mauvais Français parce qu'ils avaient voulu introduire en France une production anglaise: „La philosophie de Newton“. Il faut dire, à la décharge des contemporains de Newton, que son livre des „Principes“ était difficile à lire. Son style est laconique, souvent obscur et rares étaient les hommes capables de le comprendre. Euler lui-même, cet esprit universel, déclara dans la préface d'un de ses livres combien il avait eu de peine à lire l'ouvrage de Newton. Leibnitz se déclara franchement adversaire du philosophe anglais; il lui reprochait en particulier d'admettre le vide et d'employer le mot attraction qui n'expliquait rien. Le temps eut facilement raison de toutes ces critiques et à l'heure actuelle, l'édifice dressé par Newton est bien debout, malgré les coups de boutoir qu'essayèrent de lui porter les partisans des théories d'Einstein.

La Planète Mars en 1941 et son retour de 1943

Par le Dr. M. DU MARTHERAY.

L'Opposition de Mars de 1941 aura été sans contredit l'une des plus intéressantes des temps actuels.

Favorisés par le beau temps d'automne et la sécheresse amie des bonnes images télescopiques, nous avons pu prendre un très grand nombre de dessins au voisinage de l'approche maximum.

Si l'opposition de 1939, également favorisée, nous a montré le mécanisme de fonte de la calotte polaire australe et le comportement de cet hémisphère de l'équinoxe de printemps au solstice d'été, l'opposition de 1941 nous a révélé l'état du même hémisphère au moment du plein solstice d'été (bien entendu lors de l'année martienne suivante). La forte grandeur apparente du disque ainsi que la pureté des atmosphères de Mars et de notre lieu d'observation permettaient au spécialiste de l'étude de Mars de suivre, *jour après jour*, les transformations rapides de certains rivages.

Il n'est pas possible d'exposer ici l'extraordinaire abondance des faits observés mais l'examen des 4 dessins de la planche ci-jointe permettront au lecteur de prendre connaissance des changements essentiels survenus en 1941. Ces dessins ont été pris au réfracteur de 135 mm avec des grossissements de 216 à 340, monocentriques, avec dispositif d'éclairage en bleu du champ pour l'étude des détails, des couleurs et les mesures micrométriques; parfois aussi il a été fait usage de filtres de couleur.