

# L'heuristique de la gravité newtonienne

Nicolae Sfetcu

20.06.2019

Sfetcu, Nicolae, « L'heuristique de la gravité newtonienne », SetThings (20  
iunie 2019), URL = [https://www.setthings.com/fr/lheuristique-de-la-gravite-  
newtonienne/](https://www.setthings.com/fr/lheuristique-de-la-gravite-newtonienne/)

Email: [nicolae@sfetcu.com](mailto:nicolae@sfetcu.com)



Cet article est sous licence Creative Commons Attribution-  
NoDerivatives 4.0 International. Pour voir une copie de cette licence,  
visitez <http://creativecommons.org/licenses/by-nd/4.0/>

Une traduction partielle de  
Sfetcu, Nicolae, "Epistemologia gravitației experimentale – Raționalitatea științifică",  
SetThings (1 august 2019), MultiMedia Publishing (ed.), ISBN: 978-606-033-234-3, DOI:  
10.13140/RG.2.2.15421.61925, URL = [https://www.setthings.com/ro/e-books/epistemologia-  
gravitatiei-experimentale-rationalitatea-stiintifica/](https://www.setthings.com/ro/e-books/epistemologia-gravitatiei-experimentale-rationalitatea-stiintifica/)

**BIBLIOGRAPHIE.....8**

L'exemple classique d'un programme de recherche réussi est la théorie gravitationnelle de Newton, probablement le programme de recherche lakatosien le plus réussi. Initialement, la théorie gravitationnelle de Newton était confrontée à de nombreuses « anomalies » (« contre-exemples ») et contredisait les théories observationnelles qui soutenaient ces anomalies. Mais les partisans du programme de recherche sur la gravité newtonienne ont transformé chaque anomalie en cas corroborants. De plus, ils ont eux-mêmes indiqué des contre-exemples qu'ils ont ensuite expliqués à travers la théorie newtonienne.<sup>1</sup> Selon Lakatos, « dans le programme de Newton, l'heuristique négative nous invite à rediriger *modus tollens* à partir des trois lois de la dynamique de Newton et de sa loi de gravité. Ce « noyau » est « irréfutable » par la décision méthodologique de ses partisans : les anomalies ne doivent conduire à des changements que dans la ceinture « protectrice » des auxiliaires, des hypothèses « observationnelles » et des conditions initiales ». <sup>2</sup>

Newton a établi l'heuristique positive de son programme de recherche grâce à une stratégie d'approches successives.<sup>3</sup> Les trois premières lois du mouvement de Newton réglementaient le raisonnement inductif, ainsi que la vision de Newton d'une taxonomie fondamentale basée sur les forces physiques (interactions). Il est parti d'un système solaire idéalisé, avec un soleil ponctuel et une seule planète tournant autour du Soleil. Il a ensuite considéré que l'orbite de la planète est une ellipse, dérivant la proportionnalité entre la force gravitationnelle et l'inverse du carré de la distance entre la planète et le Soleil.

La généralisation inductive de Newton considérait un mouvement élémentaire avec une force statique incluse dans la loi de gravité déduite, et l'idée que les mouvements planétaires pouvaient être généralisés. Telles sont ses hypothèses de travail sur la base desquelles il a procédé à ses généralisations inductives. Ils offrent une protection immédiate du noyau dur du programme de recherche newtonien (heuristique négative), en exigeant que les preuves développées à partir des données soient de haute qualité.<sup>4</sup> La déduction de la loi de la gravité remplissait cette exigence dans une plus large mesure que son raisonnement démonstratif, mais la « déduction » était principalement basée sur le mouvement de seulement cinq planètes dans une courte période astronomique.

Newton reconnaît le risque d'introduire de telles hypothèses de travail taxonomiques dans la généralisation inductive, dans le passage méthodologique le plus célèbre en *Optiks*, en discutant de méthodes « d'analyse et de synthèse » dans le paragraphe suivant de l'interrogation finale,

---

<sup>1</sup> Pierre-Simon Marquis De Laplace, *Exposition du système du monde*, 2<sup>e</sup> éd. (Cambridge; 2009: Cambridge University Press, 2009).

<sup>2</sup> Imre Lakatos, *The Methodology of Scientific Research Programmes: Volume 1: Philosophical Papers* (Cambridge University Press, 1980), 48.

<sup>3</sup> Imre Lakatos, « Criticism and the Methodology of Scientific Research Programmes », *Proceedings of the Aristotelian Society* 69, n° 1 (1968): 149–186.

<sup>4</sup> I. Bernard Cohen et George E. Smith, *The Cambridge Companion to Newton* (Cambridge University Press, 2006).

qui a été ajouté en 1706. Il a considéré que le succès obtenu à partir des généralisations sans restriction est la meilleure protection contre le risque introduit par les inévitables hypothèses taxonomiques qui entrent en induction.<sup>5</sup>

Ce modèle contredit la loi d'action et de réaction que Newton incluait dans le noyau dur, alors il a développé un modèle plus complexe, dans lequel le soleil et la planète tournaient autour de leur centre de poids commun. Il n'a généré aucune anomalie, mais il était difficile d'en déduire les lois réelles du mouvement pour plusieurs corps. Ainsi Newton a développé une nouvelle théorie, pour plusieurs planètes, avec des interactions entre chaque planète et le Soleil mais en négligeant les interactions entre planètes.

Après la vérification intermédiaire de cette théorie, Newton a développé une théorie plus complexe, considérant que le Soleil et les planètes ne sont pas ponctuels, mais des sphères de dimensions autres que zéro, car en théorie il devait tenir compte de la densité des corps, et ne pouvait pas accepter qu'un corps ponctuel ait une densité infinie. Il a également pris en compte le mouvement de rotation des corps autour de leurs propres axes. Dans le modèle suivant, il a pris en compte la forme non sphérique de la Terre et la variation de la gravité de la surface avec la latitude, l'orbite de la Lune, les marées, la précession des équinoxes et les trajectoires des comètes. À travers cette heuristique positive, il a essayé de se protéger contre les risques qui apparaissent dans le saut inductif, poussant immédiatement la théorie à analyser tous les phénomènes pertinents et l'utilisant comme un outil de recherche pour les problèmes rencontrés.<sup>6</sup> Dans le même temps, les déductions pour la Terre lui ont permis de généraliser de la gravité céleste à la gravité universelle, ainsi que la précession des équinoxes indirectement, en tenant compte des forces (interactions) entre les planètes, en calculant les perturbations résultantes. La marée et la précession des équinoxes ont permis la généralisation des forces centripètes simples à une gravité interactive, tout comme l'étude des orbites de Jupiter et de Saturne. Et l'étude des comètes a permis d'étendre la loi de la gravité à d'éventuels corps d'une matière très différente.

Il n'a publié les résultats de son programme de recherche seulement quand il a considéré qu'il avait obtenu autant que possible d'observations et de mathématiques. Le processus de comparaison avec les phénomènes et les arguments pour l'universalité de la gravité s'étend tout au long du Livre 3.

La généralisation inductive de Newton pour la gravité universelle a introduit un élément conjectural falsifiable important, qui a ensuite été vérifié, fournissant la preuve la plus convaincante en sa faveur. L'idée de base était que toute divergence entre la théorie newtonienne et l'observation se révélerait physiquement significative et nous en dirait plus sur le monde physique. Ce faisant, les hypothèses de travail taxonomiques qui sous-tendent l'étape inductive de Newton vers la gravité universelle restent intactes, à mesure que la théorie avance.

---

<sup>5</sup> Cohen et Smith.

<sup>6</sup> Cohen et Smith.

Sur la base des hypothèses contestables supplémentaires et des suggestions concernant les mouvements de Jupiter et de Saturne, Newton a lancé sa propre séquence d'approximations successives selon le *Principia*. Même après la parution de la troisième édition du *Principia*, après environ quarante ans, chacun de ces sujets du *Principia* était encore à l'étude. L'argument de Newton pour la gravité universelle n'a été achevé qu'un siècle après la publication de la première édition de *Principia*.

Newton a prévu les développements ultérieurs de ses modèles à partir du premier modèle entièrement idéalisé. Il a compris que les modèles intermédiaires contiendraient des anomalies, mais il a dû les parcourir pour développer l'appareil mathématique en confrontant les modèles et en modifiant la théorie en cours de route afin d'éliminer les anomalies.

Newton a affirmé que par *Principia* il illustre une nouvelle approche de l'enquête empirique. Mais, outre la remarque sur la dérivation des forces des phénomènes de mouvement et puis des mouvements de ces forces dans la Préface à la première édition, et la remarque sur la comparaison d'une théorie mathématique générique des forces centripètes avec les phénomènes pour connaître les conditions d'action de la force, dès la fin du Livre 1, Section 11, la seule remarque notable sur la méthodologie est le fameux passage du Scholium général ajouté dans la deuxième édition comme déclaration finale.<sup>7</sup>

Le succès sans précédent de la théorie de la gravité de Newton a stimulé l'intérêt pour la méthodologie du *Principia* à utiliser dans d'autres domaines. Deux aspects de la méthodologie sont évidents pour George Smith<sup>8</sup> : Newton a opposé sa méthode à celle d'hypothèses « cachées », et l'exigence que les questions soient considérées comme ouvertes tant que des considérations empiriques ne leur ont pas encore donné de réponses (une exigence parfaitement conforme à la tolérance méthodologie proposée par Lakatos dans les programmes de recherche). Le but de la méthode était de limiter les prétentions théoriques aux « généralisations inductives ».

Chaque modèle successif du programme de Newton prédit un fait nouveau, c'est une augmentation du contenu empirique : il constitue un *changement théorique progressif* cohérent. Et chaque prédiction est finalement vérifiée, même si auparavant elle aurait pu être instantanément « réfutée ».

L'idée centrale de la méthode inductive newtonienne est que les lois universelles dérivent par induction des « qualités manifestes » ou « phénomènes » observés, et seuls les phénomènes observés peuvent nous conduire à la révision de ces lois. Newton s'oppose explicitement aux explications purement hypothétiques de la philosophie mécaniste. Leibniz et Huygens ont accepté la démonstration de Newton selon laquelle les orbites des satellites des grands corps astronomiques du système solaire obéissent à la loi du carré inverse, mais ils ont rejeté la loi de

---

<sup>7</sup> George Smith, « Newton's Philosophiae Naturalis Principia Mathematica », in *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, éd. par Edward N. Zalta, Winter 2008 (Metaphysics Research Lab, Stanford University, 2008), <https://plato.stanford.edu/archives/win2008/entries/newton-principia/>.

<sup>8</sup> Smith.

Newton de la gravité universelle car ils étaient liés à la philosophie mécaniste. Les règles de Newton III et IV ont été ajoutées aux deuxième (1713) et troisième (1726) éditions du Principe en réponse aux objections des philosophes mécanistes :

Règle III : « Les qualités des corps qui ne peuvent être voulues et remises [c'est-à-dire ne peuvent pas être agrandies et diminuées] et qui appartiennent à tous les corps sur lesquels des expériences peuvent être effectuées, devraient être considérées comme des qualités de tous les corps universels. »<sup>9</sup>

Règle IV : « Dans la philosophie expérimentale, les phrases recueillies à partir de phénomènes par induction doivent être considérées comme exactes ou très vraies, malgré toutes hypothèses contraires, jusqu'à ce que d'autres phénomènes ne rendent pas ces phrases plus précises ou sujettes à des exceptions. »<sup>10</sup>

Ces règles stipulent que la méthode de l'universalisation inductive doit être appliquée sans les interférences des hypothèses. Newton déclare explicitement que les hypothèses de la philosophie mécaniste entravent sa méthode. Il illustre ici l'utilisation de sa méthode en décrivant d'abord l'inférence inductive de la loi universelle que tous les corps sont étendus.

Bernard Cohen décrit ainsi l'heuristique positive de Newton, dans le chapitre 5 de *The Cambridge Companion to Newton* comme le « style newtonien » progressive<sup>11</sup> : (1) le problème d'« un seul corps », (2) les problèmes des « deux corps », (3) les problèmes des trois ou plusieurs corps en interaction. Ainsi, Newton doit aborder la complexité d'un mouvement orbital réel dans une succession d'approximations successives, chaque approximation étant un mouvement idéalisé, et avec des écarts systématiques, fournissant des preuves pour la prochaine étape de la séquence.

Dans ses modèles idéalisés, Newton a imposé deux restrictions sur les approximations successives.<sup>12</sup> Dans chaque cas où il déduit certaines caractéristiques des forces gravitationnelles célestes, il a soutenu que la conséquence de la déduction « si-alors » maintient toujours la proximité tant que l'antécédent maintient la proximité. Et les résultats mathématiques établis dans le Livre 1 lui permettent d'identifier les conditions spécifiques dans lesquelles le phénomène à partir duquel la déduction est faite aurait non seulement la proximité, mais aussi la précision. Il s'ensuit que les « déductions » de Newton des phénomènes impliquent d'essayer d'aborder la complexité des mouvements du monde réel dans une séquence d'idéalisations progressives de plus en plus complexes, avec des écarts systématiques des idéalisations, chaque modèle servant de base au modèle suivant plus complexe. Les écarts

---

<sup>9</sup> Isaac Newton, « Philosophiae Naturalis Principia Mathematica, III Ed. », *Science* 177, n° 4046 (1726): 795, <https://doi.org/10.1126/science.177.4046.340>.

<sup>10</sup> Newton, 796.

<sup>11</sup> Cohen et Smith, *The Cambridge Companion to Newton*.

<sup>12</sup> Domenico Meli, « The Relativization of Centrifugal Force », *Isis: A Journal of the History of Science* 81 (1990): 33.

systematiques sont appelés « phénomènes secondaires » lorsqu'ils ne sont pas observables en soi, mais théoriquement déduits.<sup>13</sup> Cela respecte *la première règle de Newton pour la philosophie naturelle* - qu'il ne faut pas admettre plus de causes que des causes vraies et suffisantes pour expliquer un phénomène.

La loi de gravité de Newton fournit une explication des règles de Kepler et des mouvements orbitaux idéalisés pour chaque modèle précédemment idéalisé, ce qui lui confère un pouvoir heuristique supérieur à tout modèle précédent. Par cette loi, on peut expliquer pourquoi ces idéalizations sont valables au moins à proximité.

Du point de vue de Lakatos, trois systèmes scientifiques étaient en concurrence au 17<sup>e</sup> siècle : le programme de recherche d'Aristote, celui de Descartes et le programme de Newton qui apparaissaient comme un rival du programme de Descartes. Les programmes de Descartes et de Newton étaient progressifs par rapport à ceux d'Aristote et pouvaient expliquer les mouvements des comètes et des marées. Les cartésiens pourraient expliquer pourquoi la lune gardait toujours la même face au sol et pourquoi toutes les planètes tournent dans la même direction, tandis que les newtoniens pouvaient expliquer comment les planètes s'influencent mutuellement.<sup>14</sup> Les différences explicatives résultaient de différents noyaux durs. Le cœur du programme cartésien spécifiait l'action de contact et interdisait explicitement le concept d'action à distance.

Le programme de Newton comprend également des éléments de l'ancien programme cartésien, comme l'action de contact. Il s'agit d'un exemple d'échange fructueux entre programmes. Mais les preuves empiriques ont finalement conduit à l'échec du programme cartésien.

Le programme de Lorentz a atteint une position dominante au début du 20<sup>e</sup> siècle, puis a été dépassé par Einstein, à la fois théoriquement et empiriquement, presque immédiatement après son lancement en 1905.<sup>15</sup> Bien que le programme de Lorentz fût également progressif, le programme de relativité a surmonté, étant toujours plus progressif et assimilant les transformations de Lorentz.<sup>16</sup>

Dans le succès du programme d'Einstein, plusieurs programmes de recherche ont été impliqués: le programme newtonien, provoqué par un programme soutenu par Lorentz<sup>17</sup> qui a fait que l'électromagnétisme être accepté comme plus fondamental que la mécanique; un deuxième programme rival soutenu par Ostwald et Mach à travers lequel une tentative a été faite pour

---

<sup>13</sup> Cohen et Smith, *The Cambridge Companion to Newton*.

<sup>14</sup> E. J. Aiton, *Vortex Theory of Planetary Motions*, First Edition edition (London; New York: American Elsevier Publishing Co., Inc., 1972).

<sup>15</sup> Elie Zahar, « Why Did Einstein's Programme Supersede Lorentz's? (II) », *British Journal for the Philosophy of Science* 24, n° 3 (1973): 211-75.

<sup>16</sup> Barry Gholson et Peter Barker, « Kuhn, Lakatos, and Laudan: Applications in the history of physics and psychology », *American Psychologist* 40, n° 7 (1985): 755-69, <https://doi.org/10.1037/0003-066X.40.7.755>.

<sup>17</sup> Zahar, « Why Did Einstein's Programme Supersede Lorentz's? »

développer une physique purement phénoménologique, avec l'énergie comme concept de base; <sup>18</sup> le programme d'Einstein qui a impliqué les théories de la relativité; et le programme de physique quantique initié par Bohr et développé par les théories de Heisenberg, Schrodinger et Dirac.

Au cours des deux premières décennies du 20e siècle, la physique quantique a vaincu le programme phénoménologique et a remplacé la physique newtonienne, mais les mathématiques et l'ontologie du nouveau programme étaient incompatibles avec les mathématiques et l'ontologie du programme d'Einstein. Cependant, ces programmes coexistent aujourd'hui. La rivalité entre ces programmes a stagné dans les années 40 et 50, renaissant avec l'avènement de la radioastronomie, qui a permis de nouveaux progrès empiriques.

La méthodologie de Lakatos offre un puissant cadre conceptuel qui, comme dans le cas de Kuhn, découle de l'analyse d'épisodes historiques en physique. Mais contrairement à Kuhn, Lakatos a présenté une méthodologie qui évite les problèmes d'incommensurabilité<sup>19</sup> (1) et d'irrationalisme, et démontre que les preuves empiriques sont l'arbitre final des programmes de recherche concurrents.<sup>20</sup>

---

<sup>18</sup> Niles Holt, « Wilhelm Ostwald's 'The Bridge' », *British Journal for the History of Science* 10, n° 2 (1977): 146–150.

<sup>19</sup> Deux théories sont incommensurables si elles sont intégrées dans un cadre conceptuel fortement contrasté, dont les langages ne se chevauchent pas suffisamment pour permettre aux scientifiques de comparer directement les théories ou de citer des preuves empiriques favorisant une théorie par rapport à l'autre.

<sup>20</sup> Gholson et Barker, « Kuhn, Lakatos, and Laudan ».

## Bibliographie

- Aiton, E. J. *Vortex Theory of Planetary Motions*. First Edition edition. London; New York: American Elsevier Publishing Co., Inc., 1972.
- Cohen, I. Bernard, et George E. Smith. *The Cambridge Companion to Newton*. Cambridge University Press, 2006.
- Gholson, Barry, et Peter Barker. « Kuhn, Lakatos, and Laudan: Applications in the history of physics and psychology ». *American Psychologist* 40, n° 7 (1985): 755-69. <https://doi.org/10.1037/0003-066X.40.7.755>.
- Holt, Niles. « Wilhelm Ostwald's 'The Bridge' ». *British Journal for the History of Science* 10, n° 2 (1977): 146–150.
- Lakatos, Imre. « Criticism and the Methodology of Scientific Research Programmes ». *Proceedings of the Aristotelian Society* 69, n° 1 (1968): 149–186.
- . *The Methodology of Scientific Research Programmes: Volume 1: Philosophical Papers*. Cambridge University Press, 1980.
- Laplace, Pierre-Simon Marquis De. *Exposition du système du monde*. 2<sup>e</sup> éd. Cambridge; 2009: Cambridge University Press, 2009.
- Meli, Domenico. « The Relativization of Centrifugal Force ». *Isis: A Journal of the History of Science* 81 (1990): 23–43.
- Newton, Isaac. « Philosophiae Naturalis Principia Mathematica, III Ed. » *Science* 177, n° 4046 (1726): 340-42. <https://doi.org/10.1126/science.177.4046.340>.
- Smith, George. « Newton's Philosophiae Naturalis Principia Mathematica ». In *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, édité par Edward N. Zalta, Winter 2008. Metaphysics Research Lab, Stanford University, 2008. <https://plato.stanford.edu/archives/win2008/entries/newton-principia/>.
- Zahar, Elie. « Why Did Einstein's Programme Supersede Lorentz's? (II) ». *British Journal for the Philosophy of Science* 24, n° 3 (1973): 223–262.