

Heuristique de la théorie des cordes

Nicolae Sfetcu

01.03.2020

Sfetcu, Nicolae, «Heuristique de la théorie des cordes», SetThings (1 mars 2020), URL = <https://www.telework.ro/fr/heuristique-de-la-theorie-des-cordes/>

Email: 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, "Epistemologiagravitațieiexperimentale – Raționalitateștiintifică",
SetThings (1 august 2019), MultiMedia Publishing (ed.), ISBN: 978-606-033-234-3, DOI:
10.13140/RG.2.2.15421.61925, URL = <https://www.telework.ro/ro/e-books/epistemologia-gravitatiei-experimentale-rationalitatea-stiintifica/>

ANOMALIES DE LA THÉORIE DES CORDES 6

BIBLIOGRAPHIE 9

Les positivistes logiques auraient considéré la théorie des cordes comme une métaphysique spéculative. L'aspect instrumentaliste du positivisme logique ne correspond pas aux opinions des théoriciens des cordes.

Du point de vue de la falsifiabilité de Popper¹, nous distinguons clairement le contexte de la découverte et le contexte de la justification. Dans le cadre de la découverte, il n'y a pas de règles méthodologiques, mais il existe des règles strictes pour tester les hypothèses, en évitant autant que possible les hypothèses *ad hoc*, qui doivent de toute façon être vérifiables indépendamment. La théorie des cordes n'a pas encore été testée et est déjà entrée dans une phase d'hypothèses *ad hoc*. Mais il n'a pas été réfuté jusqu'à présent, et la théorie permet de tester à travers des expériences, même s'il n'y a pas encore la technologie nécessaire pour développer ces expériences. Une situation inattendue pour Popper ?

Kuhn a adopté une perspective externaliste dans la philosophie des sciences. Les motivations scientifiques ne parviennent pas toujours à expliquer les changements de paradigme, car d'autres causes externes, y compris sociales, peuvent entrer dans cette équation². La théorie de Kuhn est plutôt un compte rendu rétrospectif de l'histoire de la science, jamais destinée à fournir une méthodologie de force normative³. La théorie de Thomas Kuhn sur les révolutions scientifiques en changeant les « paradigmes » peut également être appliquée à la théorie des cordes en tant que nouveau paradigme en physique des hautes énergies. Mais un changement de paradigme implique d'abandonner l'ancien paradigme, de passer par une période de « crise » dans laquelle se produisent des anomalies et des observations qui contredisent l'ancien paradigme⁴. Les anomalies sont des divergences entre la théorie et l'expérience. Mais en théorie des cordes, il n'y a pas d'expériences, et des problèmes de nature théorique sont connus depuis le début. Ainsi, le nouveau paradigme ne semble pas meilleur que l'ancien.

Comme la théorie des cordes n'a jusqu'à présent pas pu expliquer les phénomènes, il peut sembler que cela confirme l'opinion de Feyerabend selon laquelle il n'y a pas de « méthode » de la science. Et pourtant, la théorie des cordes est toujours le programme de recherche le plus actif pour la gravité quantique. Mais, par rapport à d'autres théories non falsifiables, cela a quelque chose de plus, en particulier : le langage mathématique, avec une logique claire de déductions. Jusqu'à un certain point, il peut reproduire les théories de jauge classiques et la relativité générale. Et il y a de l'espoir que dans un avenir pas trop lointain, des expériences pourront être développées pour tester la théorie.

¹Karl Raimund Popper, *The Logic of Scientific Discovery* (Psychology Press, 2002).

²Thomas S. Kuhn et Jim Conant, *The Road Since Structure: Philosophical Essays, 1970-1993, with an Autobiographical Interview* (University of Chicago Press, 2000), 286-87.

³Keizo Matsubara, *Stringed Along Or Caught in a Loop?: Philosophical Reflections on Modern Quantum Gravity Research* (Filosofiska Institutionen, Uppsala universitet, 2012).

⁴Imre Lakatos, *The Methodology of Scientific Research Programmes: Volume 1: Philosophical Papers* (Cambridge University Press, 1980), 202.

Keizo Matsubara appelle la théorie des cordes un « programme de recherche » et c'est dans le sens de Lakatos⁵. Hacking a repris la théorie de Lakatos⁶, mais pas comme norme méthodologique, mais plutôt comme méthode de reconstruction rationnelle des périodes de l'histoire des sciences. Keizo Matsubara prend en charge la méthodologie Lakatos, soulignant ses principales caractéristiques en théorie des cordes⁷ :

Le noyau dur :

1. Les objets fondamentaux ne sont pas des particules ponctuelles, mais des objets étendus, des cordes ou des branes.
2. Acceptation des hypothèses de base de la mécanique quantique telles qu'elles sont données.
3. La nécessité de la supersymétrie de la théorie.

La ceinture de protection :

- Différentes variantes de la théorie des cordes sont des formulations théoriques différentes, pas des théories différentes.
- Les dimensions compactes sont trop petites pour être observés avec la technologie actuelle.
- Expliquer les valeurs des constantes de la nature, en supposant un paysage des univers.

L'heuristique positive :

1. Expliquer la diversité des particules comme de simples manifestations d'un type fondamental d'objets.
2. Dériver les constantes de la nature
3. Unification du modèle standard avec gravité.

L'heuristique négative :

1. Aucun argument du *modus tollens* ne peut être dirigé contre le noyau dur.

Par rapport à d'autres programmes, la théorie des cordes semble être plus progressive dans un sens plus général. Et la distinction du programme progressif / dégénératif ne peut pas être faite, car les tests empiriques manquent. Mais les tentatives infructueuses des théoriciens sur une longue période pour déterminer les constantes de la nature à partir des principes de la théorie peuvent être considérées comme une phase dégénérative au sens de Lakatos, dans laquelle les constatations empiriques déterminent le développement théorique, même si dans ce cas les résultats empiriques étaient connus à l'avance, et pas prédit. La conclusion de

⁵Keizo Matsubara, « Realism, Underdetermination and String Theory Dualities », *Synthese* 190, n° 3 (2013): 471–489.

⁶Ian Hacking, « Representing and Intervening by Ian Hacking », Cambridge Core, octobre 1983, <https://doi.org/10.1017/CBO9780511814563>.

⁷Matsubara, *Stringed Along Or Caught in a Loop?*

Matsubara est que la théorie des cordes est un programme dégénératif, donc elle devrait être rejetée s'il y avait un programme rival aussi progressiste⁸. Malheureusement, à l'heure actuelle, les autres programmes de recherche sont au moins aussi peu concluants.

Concernant l'application de la méthodologie Lakatos à la théorie des cordes, Quine a déclaré :

« Je crois que la théorie de Lakatos, MSRP, est l'analyse la plus raisonnable du développement scientifique ; il correspond à un assez grand nombre d'épisodes de l'histoire des sciences, et je pense qu'il établit le bon équilibre entre une compte descriptive et normative de la science. Il est également, dans une certaine mesure, utile pour discuter de la théorie des cordes et de ses concurrents, principalement la gravité quantique à boucles. Cependant, on ne peut pas vraiment dire qu'un programme [parmi ceux énumérés] est progressif et l'autre dégénératif, car la distinction et la comparaison sont faites en termes de développement théorique et empirique, et aucun développement empirique n'a eu lieu. D'un autre côté, sans utiliser les critères de Lakatos et au lieu de simplement s'appuyer sur notre notion quelque peu vague de développement, on est tenté de dire que la théorie des cordes était théoriquement progressive, mais pas empiriquement progressive. On pourrait dire que les adeptes de la théorie des cordes pensent que la progressivité théorique est suffisante pour continuer à travailler sur la théorie, tandis que les critiques pensent que ce n'est pas le cas. »⁹

Cartwright et Frigg sont parvenus à des conclusions similaires en analysant la théorie des cordes du point de vue de la méthodologie de Lakatos, en évaluant le degré de progressivité de la théorie selon : la gamme d'applications empiriques, les prédictions de succès, la reproduction de nouvelles technologies, la réponse aux problèmes, la cohérence, l'élégance, le pouvoir explicatif, la vérité. Leur conclusion était que la théorie des cordes était progressive en tant que pouvoir explicatif et unificateur, mais cela est insuffisant pour affirmer la progressivité de la théorie dans son ensemble. Mais les auteurs ne recommandent pas de rejeter la théorie, faisant appel à la tolérance méthodologique proposée par Lakatos.¹⁰

Reiner Hedrich déclare qu'actuellement la « théorie des cordes » n'est pas du tout une théorie, mais une structure labyrinthique de procédures et d'intuitions mathématiques. Ses seules motivations pour la gravité quantique à boucles sont l'incompatibilité mutuelle du modèle standard de la théorie des champs quantiques et de la relativité générale, et la métaphysique du programme d'unification physique¹¹. Le report d'une décision philosophique sur la théorie des cordes après la consolidation du programme de recherche pourrait conduire à des conditions plus appropriées pour une évaluation.

⁸Matsubara.

⁹W. V. Quine, *Ontological Relativity & Other Essays* (New York: Columbia University Press, 1969), 72.

¹⁰N. Cartwright et Roman Frigg, « String Theory Under Scrutiny » (2008), 14–15.

¹¹Reiner Hedrich, « The Internal and External Problems of String Theory: A Philosophical View », *Journal for General Philosophy of Science / Zeitschrift für Allgemeine Wissenschaftstheorie* 38, n° 2 (2006): 261–278.

Le grand atout de la théorie est l'espoir qu'elle réussira à unifier les deux théories apparemment incompatibles, la quantique et la relativité générale, et implicitement toutes les forces fondamentales, dans une grande théorie unifiée. De plus, la théorie était conforme à une approche considérée comme fondamentale dans la méthodologie scientifique par Einstein, Duhem et d'autres : la simplification. La théorie des cordes a unifié le modèle standard et la relativité générale, en ce sens étant un « meilleur » modèle même s'il ne fait toujours pas de prédictions¹². Greene apprécie également son « élégance ».¹³

¹²Hakon Enger, « String Theory and the Scientific Method », 2003, <http://home.simula.no/~henger/publ/mnvit-essay.pdf>.

¹³Brian Greene, *The Elegant Universe: Superstrings, Hidden Dimensions, and the Quest for the Ultimate Theory*, 2nd ed. edition (New York London: W. W. Norton & Company, 2010), 137.

Anomalies de la théorie des cordes

Certaines des prédictions faites par les théoriciens des cordes, comme les trous noirs microscopiques et les particules super symétriques de faible énergie, ont été falsifiées par observation¹⁴. Mais ces problèmes ne réfutent pas la théorie, car ce sont des observations indirectes, plutôt que des résultats directs de la théorie.

Dans le cas de la théorie des cordes, les aspects expérimentaux dépassent notre capacité technologique¹⁵. Mais le fait que toutes les prédictions de la théorie aient jusqu'à présent été falsifiées est un problème. De plus, le problème du paysage est un autre problème qui rend la théorie non falsifiable. Pour résoudre ce problème, il a été proposé d'utiliser le principe anthropique, selon lequel nous pouvons choisir parmi différentes permutations les univers qui créent des conditions propices à l'apparition de la vie¹⁶, mais ce principe est controversé¹⁷. Un autre problème concerne la matière noire et l'énergie noire, qui ne sont pas prédites par la théorie des cordes.

Alors que la théorie des cordes changeait de portée (et dans ce contexte, aussi toutes les exigences d'un programme de recherche, y compris la stratégie) de la physique des hadrons à la gravité quantique, des problèmes internes ont commencé à émerger qui, en essayant de les éliminer avec des hypothèses *ad hoc*, ils ont conduit à d'autres problèmes internes, entraînant une auto-référentialité croissante et une suppression simultanée de la phénoménologie. Son empirisme a baissé régulièrement, restant une structure mathématique labyrinthique d'une pertinence physique peu claire.

De plus, les développements théoriques ont conduit à une auto-immunisation de la théorie contre les vérifications empiriques, y compris dans le cas de la supersymétrie¹⁸. La théorie des cordes ne fait pas de prédictions pour les masses des particules supersymétriques ; ainsi, si de futures expériences sur des accélérateurs ne découvrent pas ces particules, on peut affirmer qu'elles ont des masses au-delà de la portée du dispositif expérimental¹⁹. Il est ainsi devenu

¹⁴Matthias Blau et Stefan Theisen, « String Theory as a Theory of Quantum Gravity: A Status Report », *General Relativity and Gravitation* 41, n° 4 (1 avril 2009): 743-55, <https://doi.org/10.1007/s10714-008-0752-z>.

¹⁵Richard P Feynman, « The Feynman Lectures on Physics », 2013, <http://www.feynmanlectures.caltech.edu/>.

¹⁶Paul Verhagen, « Understanding the Theory of Everything: Evaluating Criticism Aimed at String Theory » (Amsterdam University College, 2015), <http://www.uva.nl/binaries/content/documents/personalpages/h/a/s.deharo/en/tab-three/tab-three/cpitem%5B8%5D/asset>.

¹⁷Lee Smolin, « A perspective on the landscape problem », *Foundations of Physics* 43, n° 1 (janvier 2013): 21-45, <https://doi.org/10.1007/s10701-012-9652-x>.

¹⁸Richard Dawid, « On the Conflicting Assessments of the Current Status of String Theory », Preprint, avril 2008, 984-96, <http://philsci-archive.pitt.edu/4009/>.

¹⁹Greene, *The Elegant Universe*.

que l'incapacité de faire des prévisions quantitatives est utilisée comme un avantage stratégique pour l'auto-immunisation, un aspect unique en physique.²⁰

Dawid estime qu'une confirmation d'une théorie scientifique est basée sur trois facteurs principaux :

1. L'existence de solutions alternatives à un problème particulier (les théoriciens des cordes affirment que leur théorie est la seule option viable pour l'unification);
2. Le degré de connexion avec les théories déjà confirmées (les théoriciens des cordes considèrent leur programme comme une continuation naturelle du programme de recherche en physique des particules);
3. Nombre d'intuitions / prédictions inattendues.

La confiance en théorie dépendrait du respect de ces facteurs, même en l'absence de confirmation empirique. Fondamentalement, Dawid suggère de passer d'une falsifiabilité empirique à un modèle bayésien qui définit la probabilité non pas « à quelle fréquence quelque chose se produit » mais « quel degré de confiance nous devrions avoir dans nos connaissances ».

Certains physiciens proposent d'évaluer des théories alternatives à la théorie des cordes. La principale différence serait que la théorie des cordes vise à résoudre le problème de la gravité quantique dans le contexte de l'unification. Malheureusement, de nombreux problèmes de la théorie des cordes restent dans les théories alternatives. Le principal rival, la gravité quantique à boucles, n'a pas encore été suffisamment développé pour faire des déclarations falsifiables. Smolin affirme que les alternatives ont été constamment négligées²¹. Le problème des alternatives est qu'à l'heure actuelle il n'existe pas une théorie suffisamment développée et consolidée pour remplacer la théorie des cordes²². À la recherche de « la théorie du tout », il ne semble pas y avoir d'autre moyen que de continuer à travailler sur la théorie des cordes (l'argument « Il n'y a pas d'alternative »).²³

Un réaliste scientifique considérerait seulement une théorie mûre bien testée qui a prédit de nouveaux faits. La théorie des cordes ne répond pas à ces exigences. Les dualités de la théorie des cordes renforcent cette croyance. La sous-détermination des théories par les données est un problème qui concerne le réalisme scientifique. Les réalistes différencieront par la simplicité, le manque d'*ad hoc*, le pouvoir explicatif, etc., entre les théories. Alternativement,

²⁰Hedrich, « The Internal and External Problems of String Theory ».

²¹Lee Smolin, *The Trouble With Physics: The Rise of String Theory, The Fall of a Science, and What Comes Next*, Reprint edition (Boston u.a: Mariner Books, 2007).

²²Joanes Lizarraga et al., « Fitting BICEP2 with defects, primordial gravitational waves and dust », *Journal of Physics: Conference Series* 600 (28 avril 2015): 600 (2015): 012025, <https://doi.org/10.1088/1742-6596/600/1/012025>.

²³Richard Dawid, Stephan Hartmann, et Jan Sprenger, « The No Alternatives Argument », Preprint, 24 février 2013, 66.1 (2014): 213-234, <http://philsci-archiv.pitt.edu/9588/>.

on peut soutenir que la sous-détermination implique seulement deux façons de décrire la même théorie. La sous-détermination devrait obliger le réaliste scientifique à abandonner le réalisme sémantique ou épistémique.²⁴

Les positivistes logiques traditionnels sont en quelque sorte des anti-réalistes, considérant que la partie cognitive significative d'une théorie se limite à son contenu empirique. Ainsi, la théorie des cordes ne serait pas acceptée dans la situation actuelle. Si la théorie des cordes devait réussir empiriquement à l'avenir, les dualités ne seraient considérées que comme des équivalents sémantiques, car seul le contenu empirique serait considéré comme pertinent.

²⁴Matsubara, « Realism, Underdetermination and String Theory Dualities ».

Bibliographie

- Blau, Matthias, et Stefan Theisen. « String Theory as a Theory of Quantum Gravity: A Status Report ». *General Relativity and Gravitation* 41, n° 4 (1 avril 2009): 743-55. <https://doi.org/10.1007/s10714-008-0752-z>.
- Cartwright, N., et Roman Frigg. « String Theory Under Scrutiny », 2008.
- Dawid, Richard. « On the Conflicting Assessments of the Current Status of String Theory ». Preprint, avril 2008. <http://philsci-archive.pitt.edu/4009/>.
- Dawid, Richard, Stephan Hartmann, et Jan Sprenger. « The No Alternatives Argument ». Preprint, 24 février 2013. <http://philsci-archive.pitt.edu/9588/>.
- Enger, Hakon. « String Theory and the Scientific Method », 2003. <http://home.simula.no/~henger/publ/mnvit-essay.pdf>.
- Feynman, Richard P. « The Feynman Lectures on Physics », 2013. <http://www.feynmanlectures.caltech.edu/>.
- Greene, Brian. *The Elegant Universe: Superstrings, Hidden Dimensions, and the Quest for the Ultimate Theory*. 2nd ed. edition. New York London: W. W. Norton & Company, 2010.
- Hacking, Ian. « Representing and Intervening by Ian Hacking ». Cambridge Core, octobre 1983. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511814563>.
- Hedrich, Reiner. « The Internal and External Problems of String Theory: A Philosophical View ». *Journal for General Philosophy of Science / Zeitschrift für Allgemeine Wissenschaftstheorie* 38, n° 2 (2006): 261–278.
- Kuhn, Thomas S., et Jim Conant. *The Road Since Structure: Philosophical Essays, 1970-1993, with an Autobiographical Interview*. University of Chicago Press, 2000.
- Lakatos, Imre. *The Methodology of Scientific Research Programmes: Volume 1: Philosophical Papers*. Cambridge University Press, 1980.
- Lizarraga, Joanes, Jon Urrestilla, David Daverio, Mark Hindmarsh, Martin Kunz, et Andrew R. Liddle. « Fitting BICEP2 with defects, primordial gravitational waves and dust ». *Journal of Physics: Conference Series* 600 (28 avril 2015): 012025. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/600/1/012025>.
- Matsubara, Keizo. « Realism, Underdetermination and String Theory Dualities ». *Synthese* 190, n° 3 (2013): 471–489.
- . *Stringed Along Or Caught in a Loop?: Philosophical Reflections on Modern Quantum Gravity Research*. Filosofiska Institutionen, Uppsala universitet, 2012.
- Popper, Karl Raimund. *The Logic of Scientific Discovery*. Psychology Press, 2002.
- Quine, W. V. *Ontological Relativity & Other Essays*. New York: Columbia University Press, 1969.
- Smolin, Lee. « A perspective on the landscape problem ». *Foundations of Physics* 43, n° 1 (janvier 2013): 21-45. <https://doi.org/10.1007/s10701-012-9652-x>.
- . *The Trouble With Physics: The Rise of String Theory, The Fall of a Science, and What Comes Next*. Reprint edition. Boston u.a: Mariner Books, 2007.
- Verhagen, Paul. « Understanding the Theory of Everything: Evaluating Criticism Aimed at String Theory ». Amsterdam University College, 2015. <http://www.uva.nl/binaries/content/documents/personalpages/h/a/s.deharo/en/tab-three/tab-three/cpitem%5B8%5D/asset>.