

L'ontologie des singularités

Nicolae Sfetcu

15.08.2019

Sfetcu, Nicolae, « L'ontologie des singularités », SetThings (15 août 2019), URL = <https://www.setthings.com/fr/lontologie-des-singularites/>

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, " The singularities as ontological limits of the general relativity ", SetThings (June 1, 2018), MultiMedia Publishing (ed.), DOI: 10.13140/RG.2.2.14521.06241/1, ISBN: 978-606-033-136-0, URL = <https://www.setthings.com/en/e-books/the-singularities-as-ontological-limits-of-the-general-relativity/>

Peter Bokulich et Erik Curiel affirment que la relativité générale (RG) permet les singularités et que nous devons comprendre l'ontologie si nous voulons comprendre la nature de l'espace et du temps dans l'univers d'aujourd'hui. (Curiel and Bokulich 2018) Bien que certains physiciens pensent que les singularités indiquent un échec de la RG, d'autres pensent que les singularités ouvrent un nouvel horizon dans la cosmologie, avec de réels phénomènes physiques pouvant contribuer à un progrès profond dans notre compréhension du monde.

Parmi les définitions des singularités est mise en évidence la possibilité que certains espace-temps contiennent des chemins incomplets (la plus acceptée), celui du manque de points et de la pathologie de la courbure. Un *chemin* dans l'espace-temps est une chaîne continue d'événements. Les chemins des plus importants théorèmes de singularité représentent les trajectoires possibles des

particules et des observateurs (« lignes d'univers »). Un chemin incomplet et inextensible implique qu'après une période de temps finie, le sujet de ce chemin « sort du monde », disparaît ; ou vice versa, cela peut paraître de rien. (Curiel and Bokulich 2018) Bien qu'il n'y ait pas de contradiction logique ou physique dans ces situations, (Sfetcu 2018) la disparition ou l'apparition soudaine d'une entité dans l'espace-temps est une « singularité ». C'est ce qui peut arriver dans le cas d'un chemin incomplet et inextensible d'une longueur finie et d'une durée de vie finie. Peter Bokulich et Erik Curiel proposent que, pour obtenir des résultats concluants, nous devons limiter la classe d'espace-temps en question à l'espace-temps qui est *étendu au maximum* (ou il est seulement *maximum*).

En ce qui concerne le type d'incomplétude du chemin relatif aux singularités, il y a beaucoup de controverse. Geroch démontre qu'un espace-temps peut être complètement géodésique tout en possédant un chemin temporel incomplet d'une accélération totale limitée - c'est-à-dire un chemin inextensible dans l'espace-temps, viable, le long duquel un observateur pourrait expérimenter juste une quantité finie du temps propre. (Geroch 1968) Exploitant cette idée, Earman la combine avec la notion de « longueur affine généralisée » pour donner une définition semi-officielle des singularités : « Un espace-temps maximal est singulier si et seulement s'il contient un chemin de longueur inextensible affine généralisée finie ». (Earman 1995, 36)

De nombreuses discussions sur la structure singulière de l'espace-temps relativiste partent de l'idée qu'une singularité représente un point ou un ensemble de points qui, dans un sens ou dans l'autre, « manquent » de l'espace-temps, que l'espace-temps a un « trou » en lui. Peter Bokulich et Erik Curiel suggèrent donc de définir un espace-temps avec des points qui lui manquent si et seulement s'il contient des chemins incomplets et inextensibles, puis d'essayer d'utiliser ces chemins incomplets pour construire des points correctement situés dans l'espace-temps, rendant ainsi les chemins extensibles. Ces points seraient alors nos singularités.

De nombreux physiciens et philosophes estiment qu'une construction est actuellement recherchée pour conférer un statut ontologique clair aux singularités en tant qu'entités.

Ontologie des trous noirs

Gustavo E. Romero considère l'espace-temps comme l'émergence de la composition ontologique de tous les événements, et peut être représenté par un concept. La source du champ gravitationnel dans les équations de la RG, le champ du tenseur T_{ab} , représente les propriétés physiques des objets matériels, l'énergie et la quantité de mouvement de tous les systèmes non gravitationnels. Dans le cas d'une masse ponctuelle M et en supposant une symétrie sphérique, la solution de l'équation représente un trou noir Schwarzschild. Un trou noir est conçu comme une zone causale spatio-temporelle déconnectée du reste de l'espace-temps ; ce qui caractérise le trou noir est sa taille et donc sa courbure. Aucun événement dans cette région ne peut influencer des événements extérieurs à la région. Les événements dans le trou noir sont toutefois déterminés de manière causale par des événements passés, de sorte qu'un trou noir ne représente pas une déviation par rapport aux causalités classiques.

Le déterminisme comme une hypothèse ontologique considère que tous les événements sont donnés. Le déterminisme ne nécessite pas de causalité et n'implique pas de prévisibilité. L'état actuel de l'Univers est l'effet de son passé et la cause de son avenir. Romero considère que RG présuppose l'existence de tous les événements représentés par une variété. Il s'agit donc d'une théorie ontologiquement déterministe, mais néanmoins épistémologiquement indéterminée. L'existence de singularités dans l'espace-temps n'implique pas un échec du déterminisme ontologique, mais seulement un échec de la prévisibilité, mais ce ne sont pas les éléments de l'espace-temps lui-même.

Le présentisme soutient que le futur et le passé n'existent que comme des changements survenus ou se produiront dans le présent et qu'ils n'ont pas de véritable existence. L'éternalisme présuppose que le passé et le futur existent réellement, pas seulement en tant que changements

survenus ou se produiront avec le présent. Le présentisme est incompatible avec l'existence des singularités. (Romero 2014) À cet égard, Romero soutient que les trous noirs peuvent être utilisés pour montrer que le présentisme offre une image erronée du substrat ontologique du monde.

L'argument du trou

L'argument du trou est apparu pour la première fois dans les travaux d'Einstein sur la relativité générale en 1913. L'argument du trou exploite une propriété de la relativité générale, sa covariance générale. Les subjectivistes croient que la diversité des événements a une existence indépendante des champs définis sur eux ; les événements ont des identités quelles que soient les propriétés de la métrique ; la différence entre l'espace-temps est donc une différence physique réelle, même si rien d'observable ne permet de distinguer les deux espace-temps. De plus, toutes les différences n'apparaissent qu'à l'intérieur. John D. Norton considère cela comme un grave échec du déterminisme ; (Norton 2012) le trou peut être spécifié pour être aussi petit que possible, et aucune spécification d'espace-temps en dehors du trou ne peut fixer les propriétés à l'intérieur. Il en résulterait que les différences entre les deux espace-temps ne sont que des différences dans la description mathématique, décrivant toutes les deux la même réalité physique. Norton en déduit qu'un substantivalisme de la variété est impensable.

Il n'y a pas des singularités

Les singularités sont généralement considérées comme un défaut profond de la RG. Les singularités peuvent conduire à un échec du déterminisme, car les lois « s'effondrent » dans un certain sens. Christopher Smeenk et George Ellis affirment que cette préoccupation ne concerne que certains types de singularités. (Smeenk and Ellis 2017) Les espace-temps relativistes qui sont globalement hyperboliques ont des surfaces Cauchy et les données initiales correspondantes sur ces surfaces constituent une solution unique dans l'espace-temps. La menace pour le déterminisme est plus

nuancée : les lois ne s'appliquent pas à la « singularité elle-même », même si l'évolution ultérieure est complètement déterministe et que plusieurs types de singularités menacent plus sérieusement le déterminisme. La présence des singularités établit que RG est incomplet. La présence d'une singularité dans un modèle cosmologique indique que « l'espace-temps, tel que décrit par RG, prend fin : il n'y a aucun moyen d'étendre l'espace-temps par singularité, sans violer les conditions mathématiques nécessaires pour que les équations de champ soient bien définies. Toute description des conditions physiques « avant le Big Bang » doit reposer sur une théorie qui remplace RG et permet une extension par singularité. »

Gustavo E. Romero soutient qu'il n'y a pas des singularités physiques dans l'espace-temps. Les modèles singuliers avec espace-temps n'appartiennent pas à l'ontologie du monde, car ce sont des solutions défectueuses des équations de champ d'Einstein. La complexité des équations non linéaires du champ et l'interprétation du champ tenseur métrique ont suscité des inquiétudes quant aux hypothèses ontologiques de la théorie. Le concept d'espace-temps a été introduit par Minkowski (1908) et appartient plus à l'ontologie qu'à la physique. Une construction formelle de l'espace-temps peut être obtenue à partir d'une base ontologique de chaque chose (Bergliaffa, Romero, and Vucetich 1997) ou des événements. (Romero 2013) Romero part de l'hypothèse ontologique de base que l'espace-temps est la composition ontologique de tous les événements, donc une entité émergente représentée par un concept.

Bibliographie

- Bergliaffa, Santiago E. Perez, Gustavo E. Romero, and Hector Vucetich. 1997. "Steps towards an Axiomatic Pregeometry of Space-Time." *ArXiv:Gr-Qc/9710064*. <http://arxiv.org/abs/gr-qc/9710064>.
- Curiel, Erik, and Peter Bokulich. 2018. "Singularities and Black Holes." In *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, edited by Edward N. Zalta, Summer 2018. Metaphysics Research Lab, Stanford University. <https://plato.stanford.edu/archives/sum2018/entries/spacetime-singularities/>.
- Earman, J. 1995. "Bangs, Crunches, Whimpers, and Shrieks." ResearchGate. 1995. https://www.researchgate.net/publication/272771355_Bangs_Crunches_Whimpers_and_Shrieks.

- Geroch, R. 1968. "Local Characterization of Singularities in General Relativity." *Journal of Mathematical Physics* 9: 450–65. <https://doi.org/10.1063/1.1664599>.
- Norton, John D. 2012. "What Can We Learn About the Ontology of Space and Time From the Theory of Relativity?"
- Romero, Gustavo E. 2013. "From Change to Spacetime: An Eleatic Journey." *Foundations of Science* 18 (1): 139–48. <https://doi.org/10.1007/s10699-012-9297-4>.
- . 2014. "Philosophical Issues of Black Holes." *ArXiv:1409.3318 [Astro-Ph, Physics:Gr-Qc, Physics:Physics]*. <http://arxiv.org/abs/1409.3318>.
- Sfetcu, Nicolae. 2018. "Buclele Cauzale În Călătoria În Timp." <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.21222.52802>.
- Smeenk, Christopher, and George Ellis. 2017. "Philosophy of Cosmology." In *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, edited by Edward N. Zalta, Winter 2017. Metaphysics Research Lab, Stanford University. <https://plato.stanford.edu/archives/win2017/entries/cosmology/>.