

Nicolae Sfetcu

**Boucles causales dans
le voyage dans le temps**

Collection ESSAIS

MultiMedia Publishing

Boucles causales dans le voyage dans le temps

Nicolae Sfetcu

12.08.2019

Sfetcu, Nicolae, « Boucles causales dans le voyage dans le temps », SetThings (12 août 2019), DOI: 10.13140/RG.2.2.27116.51841, ISBN 978-606-033-269-5, URL = <https://www.telework.ro/fr/e-books/boucles-causales-dans-le-voyage-dans-le-temps/>

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, « Buclele cauzale în călătoria în timp », SetThings (2 februarie 2018), MultiMedia Publishing (ed.), DOI: 10.13140/RG.2.2.21222.52802, ISBN 978-606-033-148-3, URL = <https://www.telework.ro/ro/e-books/buclele-cauzale-calatoria-timp/>

Abstract

Dans cet article, j'analyse la possibilité de voyager dans le temps à partir de plusieurs ouvrages spécialisés, dont ceux de Nicholas J.J. Smith (« *Time Travel* », The Stanford Encyclopedia of Philosophy), (Smith 2016) William Grey (« *Troubles with Time Travel* »), (Grey 1999) Ulrich Meyer (« *Explaining causal loops* »), (Meyer 2012) Simon Keller et Michael Nelson (« *Presentists should believe in time-travel* »), (Keller and Nelson 2010), Frank Arntzenius et Tim Maudlin (« *Time Travel and Modern Physics* »). (Arntzenius and Maudlin 2013) et David Lewis (« *The Paradoxes of Time Travel* ») (Lewis 1976) L'article commence par une *Introduction* qui présente brièvement le voyage dans le temps et poursuit par une histoire du concept de voyage dans le temps, les principaux aspects physiques du voyage dans le temps, y compris le voyage dans le temps jusqu'à la relativité générale et la physique quantique, et le voyage dans le temps dans le futur, puis une présentation du *Paradoxe du grand-père* abordé dans presque tous les ouvrages spécialisés, suivie d'une section consacrée à la *Philosophie du voyage dans le temps*, et une section *Boucles causales* dans laquelle j'analyse les courbes de causalité pour le voyage dans le temps. Dans *Conclusions*, j'exprime mes opinions personnelles sur le voyage dans le temps, et enfin la *Bibliographie* sur laquelle repose le travail.

Mots-clés : voyage dans le temps, causalité, boucles causales, paradoxes temporels, paradoxe du grand-père

Introduction

Voyager dans le temps implique de voyager dans un temps différent du présent, du passé ou du futur, essentiellement sans déplacement dans l'espace par rapport à un système de coordonnées local. Le voyage dans le temps peut être effectué par un corps matériel qui peut être ou non un être vivant, et pour lequel un dispositif spécial appelé machine à voyager dans le temps est utilisé habituellement.

Le voyage dans le temps est un concept reconnu en philosophie et en science, mais dont la portée est très controversée, ce qui a engendré de nombreux paradoxes tant en philosophie qu'en science. Le voyage dans le temps est considéré par certains comme étant acceptés tant en relativité générale qu'en mécanique quantique, mais il existe un consensus unanime pour dire que ce n'est pas réalisable avec la technologie actuelle. (Hawkins 2010) Les questions soulevées sont différentes pour le voyage dans le passé par rapport au voyage dans le futur.

Notez que les aspects suivants ne sont pas considérés comme des voyages dans le temps : sommeil, congélation cryogénique, simulateur de réalité virtuelle, prévisions de la boule de cristal, isolement, changement de fuseau horaire, etc.

La définition la plus connue du voyage dans le temps est donnée par Lewis : (Lewis 1976, 145–46)

« Qu'est-ce que le voyage dans le temps ? Inévitablement, cela implique un décalage entre le temps et le temps. Tout voyageur s'en va puis arrive à destination ; le temps écoulé entre le départ et l'arrivée ... est la durée du voyage. Mais s'il est un voyageur dans le temps, la séparation dans le temps entre le départ et l'arrivée n'équivaut pas à la durée de son voyage... Comment peut-il que les deux mêmes événements, son départ et son arrivée, soient séparés par deux délais inégaux ? ... Je réponds en distinguant le temps lui-même, le temps extérieur comme je l'appellerai aussi, du temps personnel d'un voyageur temporel particulier : en gros, ce qui est mesuré par sa montre-bracelet. Son voyage prend une heure de son temps personnel, disons... Mais l'arrivée est plus qu'une heure après le départ en heure externe, s'il voyage vers le futur, ou l'arrivée est avant le départ en temps externe... s'il voyage vers le passé. »

Nicolae Sfetcu : Boucles causales dans le voyage dans le temps

Une autre définition du voyage dans le temps (Arntzenius 2006) (Smeenk and Wüthrich 2011) l'assimile à l'existence des courbes temporelles fermées, une variété lorentzienne d'une particule matérielle dans l'espace-temps qui revient à son point de départ.

Certains auteurs acceptent l'existence de deux dimensions temporelles (Meiland 1974) et d'autres envisagent des scénarios comportant plusieurs univers « parallèles », chacun ayant son propre espace-temps à quatre dimensions. (Deutsch and Lockwood 1994) Mais la question est de savoir si un voyage dans une autre dimension temporelle ou dans un autre univers parallèle est en fait un voyage dans le temps ou virtuel.

Examiner la possibilité de revenir dans le temps dans un univers hypothétique décrit par une métrique de Gödel a amené Kurt Gödel à affirmer que le temps pouvait être une sorte d'illusion, (Yourgrau 2005) une autre dimension de l'espace, donnant lieu à un « bloc à 4 dimensions. »

Histoire du concept de voyage dans le temps

Le penseur égyptien Ptahhotep (2650-2600 av. J.-C.) a déclaré : « Suivez votre désir aussi longtemps que vous vivez et n'exécutez pas plus que ce qui est ordonné, ne réduisez pas la durée de suivre le désir, car la perte de temps est une abomination pour l'esprit ... » (Bartlett 2014)

Les Incas considéraient l'espace et le temps comme un concept appelé *pacha*. (Atuq Eusebio Manga Qespi 1994)

La philosophie ancienne avait deux concepts temporels différents : les adeptes du philosophe grec Héraclite pensent que le monde est un flux continu, alors que ceux de la métaphysique de Parménide prétendent que la vérité et la réalité sont stables et éternelles. En se basant sur ces concepts métaphysiques, McTaggart a développé un argument en faveur de la non-réalité du temps qui est devenu un point de départ commun pour discuter de sa nature. (Lewis 1976) Seule la philosophie parménidéenne, selon laquelle le passé, le présent et le futur sont aussi réels que le présent, peut accepter des voyages dans le temps. (Grey 1999)

Nicolae Sfetcu : Boucles causales dans le voyage dans le temps

Aristote a soutenu que changer le passé dépasse même le pouvoir de Dieu. Pour cette raison, « personne ne pense au passé, mais à ce qui est futur et peut être différent. » (Aristote 1941)

Dans la mythologie hindoue, le Mahabharata, il y a l'histoire du roi Raivata Kakudmi, qui voyage au paradis pour rencontrer le créateur de Brahma et est surpris de découvrir quand il revient sur Terre après plusieurs de nombreux siècles.

Le Bouddhiste Pāli Canon déclare que Payasi Sutta a dit à l'un des disciples de Bouddha, Kumara Kassapa, qu'il lui a dit que « dans le paradis des trente-trois dévas, le temps passe à un rythme différent et les gens vivent beaucoup plus longtemps. 'Dans notre siècle cent ans, seulement un jour, vingt-quatre heures, auraient passé pour eux. » (Chattopadhyaya 1964)

Les philosophes et les théologiens médiévaux ont développé le concept d'un univers au passé fini avec un commencement, appelé aujourd'hui finitisme temporel. (Craig 1979)

La relativité générale suggère qu'une géométrie espace-temps appropriée ou certains types de mouvement dans l'espace peuvent permettre un voyage dans le temps si ces géométries ou mouvements sont possibles. (Thorne, Braginsky, and Ginzburg 1994) La possibilité de courbes fermées dans le temps (des mondes formant des boucles enfermées dans l'espace), telle que l'espace-temps de Gödel, pour laquelle il existe des solutions aux équations de relativité générale, permettrait le voyage dans le passé, mais la plausibilité des solutions est incertaine.

Pour voyager dans le temps, il est nécessaire de voyager plus rapidement que la vitesse de la lumière, comme dans le cas des cordes cosmiques, des trous de ver et des métriques Alcubier. (Gott 2002) Hawking a formulé la conjecture de protection chronologique, suggérant que les lois fondamentales de la nature ne permettent pas le voyage dans le temps, (S. W. Hawking 1992) mais qu'une décision claire ne peut être prise que dans une théorie complètement unifiée de la gravité quantique. (Stephen W. Hawking et al. 2003)

Les trous de ver sont un espace-temps hypothétiquement incurvé, permis par les équations de relativité de champ d'Einstein. (Visser 1996) Un voyage dans le temps est possible dans ce cas si une extrémité du trou de ver est accélérée jusqu'à une fraction significative de la vitesse de la lumière puis ramenée au point d'origine. Vous pouvez également utiliser une seule entrée de trou de ver pour le déplacer dans le champ gravitationnel d'un objet dont la gravité est supérieure à celle de l'autre entrée, puis revenir à une position proche de l'autre entrée. Dans les deux cas, la dilatation du temps détermine que la fin du trou de ver qui a été déplacé est inférieure à la fin stationnaire.

La construction d'un trou de ver traversable nécessiterait l'existence d'une substance d'énergie négative et une distribution d'énergie violant différentes conditions d'énergie, mais un voyage dans le temps serait toujours possible en raison de l'effet Casimir en physique quantique. (Visser, Kar, and Dadhich 2003)

Dans le cas d'un signal dont la vitesse est inférieure ou égale à la vitesse de la lumière, la transmission a eu lieu avant la réception. Si la vitesse est supérieure à la vitesse de la lumière, le signal est reçu avant son envoi. (Jarrell 2006) On peut dire que le signal est revenu dans le temps (anti-téléphone tachyonique). (Kowalczyński 1984)

En mécanique quantique, il existe des phénomènes tels que la téléportation quantique, le paradoxe d'Einstein-Podolsky-Rosen ou l'inséparabilité quantique qui pourraient permettre un voyage dans le temps. L'interprétation de Bohm suppose que certaines informations sont instantanément échangées entre les particules pour conserver les corrélations entre elles, (Goldstein 2017) effet appelé « action fantasmagorique à distance » par Einstein. Mais les théories modernes ne permettent pas les voyages dans le temps en raison de la conservation de la causalité.

Les multiples mondes d'Everett en mécanique quantique apportent une solution au paradoxe du grand-père, impliquant l'idée du temps du voyageur arrivant dans un univers différent de celui d'où il vient ; mais dans un tel cas, ce n'est pas un voyage « en temps réel ». (Arntzenius and Maudlin 2013)

L'interprétation acceptée de plusieurs mondes suggère que tous les événements quantiques possibles peuvent apparaître dans des histoires mutuellement exclusives. (Arntzenius and Maudlin 2013) Stephen Hawking soutient que chaque voyageur ne devrait connaître qu'une histoire cohérente, de sorte que les voyageurs temporels restent dans leur propre monde plutôt que de voyager dans un autre. (S. Hawking 1999)

Daniel Greenberger et Karl Svozil ont proposé un modèle quantique pour le paradoxe intemporel : (Greenberger and Svozil 2005) le passé observé aujourd'hui est déterministe (un seul état possible), mais le présent observé dans le passé a de nombreux états possibles jusqu'à ce que les actions (inévitables) provoquent leur effondrement dans un seul état.

Les voyages dans le futur supposent une expansion du temps, conséquence directe de l'inversion de la vitesse de la lumière (Ferraro 2007) en se déplaçant à des vitesses relativistes ou sous l'effet de la gravité. (Serway, Beichner, and Jewett 2000)

Paradoxe du grand-père

L'exemple le plus connu de l'impossibilité de voyager dans le temps est le paradoxe du grand-père ou l'argument de l'auto-infanticide: (Horwich 1987) une personne qui voyage dans le passé et tue son propre grand-père, empêchant ainsi l'existence d'un de ses parents et donc sa propre existence. Une réponse philosophique à ce paradoxe serait l'impossibilité de changer le passé, (Swartz 2001) à l'instar du principe de cohérence de Novikov. Le paradoxe implique toute action qui change le passé. (Smith 2016)

Le paradoxe du grand-père se présente sous de nombreuses variantes: le physicien John Garrison présente une variante avec un circuit électronique qui envoie un signal via une machine du temps pour se débrancher lui-même, et qui reçoit le signal avant de l'envoyer, (Garrison et al. 1998) et le paradoxe de l'auto-infanticide qui consiste à revenir dans le temps et à tuer sa propre personne lorsqu'il était enfant. (Horwich 1987)

D'un point de vue logique, le paradoxe est une contradiction logique: si un événement s'est produit d'une manière ou d'une autre, il n'est pas possible qu'il se soit produit autrement. (Swartz 2001) Bradley Dowden affirme que la possibilité de créer une contradiction exclut les voyages dans le temps.

Une approche de ce paradoxe est un univers parallèle : lorsque le voyageur dans le temps tue son grand-père, il tue en réalité une version parallèle de son grand-père, et l'univers original du voyageur dans le temps n'a pas changé ; dans d'autres variantes, le voyageur dans le temps tente mais ne parvient pas à tuer son grand-père.

Selon le principe de cohérence de Novikov, la physique dans ou à proximité des courbes spatio-temporelles (machines du temps) fermées dans le temps, ne peut être que conforme aux lois universelles de la physique, de sorte que seuls des événements cohérents peuvent émerger. Novikov a utilisé l'exemple donné par Joseph Polchinski pour le paradoxe du grand-père afin de montrer comment ce système peut être résolu de manière cohérente, évitant ainsi le paradoxe du grand-père, bien qu'il crée une boucle causale. (Lossev and Novikov 1992) Hawking déclare comme suit :

« Le voyage dans le passé de quelqu'un (...) semblerait conduire à toutes sortes de problèmes logiques si l'histoire pouvait changer. Par exemple, que se passerait-il si vous tuiez vos parents avant votre naissance ? On pourrait éviter de tels paradoxes en modifiant le concept de libre arbitre. Mais cela ne sera pas nécessaire si ce que j'appelle l'hypothèse de protection de la chronologie est correcte : les lois de la physique empêchent l'apparition de courbes temporelles fermées. » (S. W. Hawking 1992)

La solution de Lewis à ce problème a été largement acceptée : le voyageur peut entrer dans le passé sans tuer son grand-père, mais nous avons toujours une contradiction : car il peut le faire et ne peut pas le faire :

« Un voyageur dans le temps pourrait-il changer le passé ? Il ne peut pas : les événements d'un moment passé ne pourraient pas changer plus que des chiffres. Cependant, il semble que tout le monde pourrait faire des choses qui changeraient le passé s'il le faisait. Si un voyageur dans le temps qui visite le passé peut et ne fait rien pour le changer, il ne peut pas être un tel voyageur dans le temps. » (Lewis 1976)

Les tirs du grand-père sont compossibles avec les faits concernant son arme, son entraînement, son humeur, etc., mais ce n'est pas compossible avec d'autres faits, tels que le fait que le grand-père

ne soit pas mort comme ça. Ainsi, « crime » est vrai dans un sens (par rapport à un ensemble de faits) et faux dans un autre sens (par rapport à un autre ensemble de faits), mais il n'existe aucun sens dans lequel il est à la fois vrai et faux. Donc, il n'y a pas de contradiction ici - juste une ambiguïté.

La philosophie du voyage dans le temps

Newton a soutenu l'idée du temps absolu, contrairement à Leibniz, pour qui le temps n'est qu'un rapport entre des événements et ne peut être exprimé indépendamment, une déclaration en concordance avec la relativité de l'espace-temps. (Crisp 2007)

L'éternalisme soutient que le passé et le futur existent réellement, (Crisp 2007) en partant de l'idée que le temps est une dimension similaire aux dimensions spatiales, que les événements passés et futurs sont « présents » sur l'axe du temps, mais cette opinion est contestée. (Maudlin 2010) Dans la vision à quatre dimensions, l'univers est une topologie espace-temps existante, contenant tout ce qui s'est passé, tout ce qui se passe et tout ce qui va se passer. Il en résulte qu'il n'y a aucun moment singulier à considérer non-essentiel comme présent. (Keller and Nelson 2010) Les voyages dans le temps sont possibles si la vision à quatre dimensions du temps est correcte, mais ce n'est pas possible si le présentisme est vrai. William Godfrey-Smith dit que « l'image métaphysique sous-jacente aux discussions sur le voyage dans le temps est celle de l'univers bloc dans lequel le monde est conçu aussi comme dans le temps aussi que dans l'espace ». (Godfrey-Smith 1980)

Le présentisme prétend que le futur et le passé n'existent que comme des changements et n'ont pas d'existence réelle, il n'y a que le présent. Ainsi, voyager dans le temps serait impossible car il n'y a ni futur ni passé. (Crisp 2007)

Le « présentisme relativisée » admet qu'il existe des cadres de référence infinis, chacun d'eux ayant un ensemble différent d'événements simultanés, ce qui rend impossible la distinction d'un seul « présent » réel et, par conséquent, tous les événements dans le temps sont réels - estompant la différence entre présentisme et éternalisme - ou chaque cadre de référence existe dans sa propre réalité.

Selon la théorie philosophique de la composabilité, si le passé est d'une certaine manière, il n'est pas possible qu'il soit différent. Ce qui peut arriver dans le passé se limite à ce qui est arrivé pour éviter les contradictions logiques. (Lewis 1976)

Une position réaliste traditionnelle dans l'ontologie est que le temps et l'espace ont une existence en dehors de l'esprit humain. Les idéalistes, au contraire, nient ou doutent de l'existence d'objets indépendants d'esprit. Certains antiréalistes, dont la position ontologique est qu'il y a des objets hors de l'esprit, doutent toutefois de l'existence indépendante du temps et de l'espace.

Il y eut aussi un débat entre la définition des notions d'espace et de temps en tant qu'objets réels (absolus) ou simples arrangements des objets réels (relationnels), respectivement appuyées par Isaac Newton et Gottfried Leibniz (principe de raison suffisante et identité d'indiscernable)

La position conventionnaliste affirme qu'il n'y a pas de fait à propos de la matière, tout est décidé par convention. Ainsi, Henri Poincaré a fait valoir que la géométrie appliquée à un espace était décidée par convention.

Une solution au problème de la direction du temps a une vision métaphysique, dans laquelle la direction du temps résulte d'une asymétrie de la causalité. Une deuxième famille de solutions à ce problème trouve l'existence du sens du temps comme étant liée à la nature de la thermodynamique (l'entropie). Un troisième type de solution prétend que les lois physiques ne sont pas symétriques dans le sens où le temps s'inverse.

L'endurantisme affirme que pour qu'un objet persiste dans le temps, il doit exister complètement à des moments différents. Le perdurantisme prétend que pour qu'une chose existe dans le temps, elle doit exister en tant que réalité continue, prenant en compte un ensemble de toutes ses « parties temporelles » de l'existence.

Selon la conception métaphysique héraclitienne, il n'existe pas de domaine de l'acte d'un avenir déterminé, pas d'habitant du futur, même s'il existera. Et le passé est considéré comme figé et

déterminé, et ne peut être changé. Le voyage vers l'avenir dans ce contexte serait exclu, car on ne va nulle part.

Boucles causales

Certains scientifiques et philosophes sont d'avis que toute théorie permettant un voyage dans le temps introduirait des problèmes de causalité. (Bolonkin 2011) Ces types de paradoxes temporels peuvent être évités grâce au principe de cohérence de Novikov ou à une variation de l'interprétation des mondes multiples avec des mondes en interaction. (Everett 2004)

L'argument classique contre la causalité rétrograde est l'argument du contournement: (Horwich 1987) Si un événement A provoque un événement précédent B, le contournement recommande d'essayer de décorrélérer A et B, c'est-à-dire d'apporter A dans les cas où B ne s'est pas produit et prévenir A dans les cas de B.

Une boucle causale est une séquence d'événements (actions, informations, objets, personnes) (Lobo and Crawford 2002) dans lesquels un événement A détermine un autre événement B, qui détermine le premier événement A. (Rea 2014) Lors de tels événements dans l'espace-temps, leur origine ne peut être déterminée. (Lobo and Crawford 2002) Les événements qui forment une boucle ne doivent pas être les causes complètes de chacun, ni les effets complets d'un autre. Dans une boucle de causalité, il peut y avoir la cause ou des événements externes secondaires. S'il n'y a pas de telles causes ou événements, on dit que la boucle est isolée de manière causale.

La causalité implique un avenir ontologiquement fermé - une position métaphysique sur le temps communément appelée l'éternalisme, une forme spécifique de non-présentisme. (Faye 2001)

Voyage dans le temps dans le passé provoquent-ils des boucles causales ? Hanley (Hanley 2004) affirme qu'il peut y avoir un voyage dans le temps et une causalité inverse sans boucles causales. (S. W. Hawking 1992) Monton (Monton 2009) critique l'exemple de Hanley mais l'accepte.

Selon David Lewis, le monde dans lequel nous vivons possède une ontologie parménidienne : « une variété d'événements à quatre dimensions », et les occupants du monde sont des agrégations quatre-dimensionnelles des étapes - des « lignes temporelles », ou lignes d'univers. (Lewis 1976, 145) Cependant, le voyage dans le temps ne ressemble pas aux autres agrégats ; « S'il voyage dans le passé, il y a une ligne en zigzag. » (Lewis 1976, 146) Il peut aussi y avoir des grandes lignes qui sont des voyages futurs. Ce monde parménidien de stades temporels supprime immédiatement l'objection de « non-destination » au voyage dans le temps. La géométrie à quatre dimensions permet d'enregistrer le transport de passagers dans le temps.

Beaucoup pensent que les liens de causalité ne sont ni impossibles ni inacceptables, mais simplement inexplicables. Il y avait deux types principaux de réponse à cette objection. Lewis (Lewis 1976) admet qu'une boucle (dans son ensemble) serait inexplicée, telle que le Big Bang ou la désintégration d'un atome de tritium, mais c'est tout simplement étrange, pas impossible. De même, Meyer (Meyer 2012) soutient que si quelqu'un demande une explication d'une boucle (dans son ensemble), « la faute reviendrait à la personne qui a posé la question, pas à notre incapacité à répondre. » Une autre réponse, de Hanley, (Hanley 2004) est de nier que (toutes) les boucles causales sont inexplicées. Mellor (Mellor 1998) estime que dans de telles boucles, les chances des événements ne seront pas liés à leurs fréquences, selon la loi des grands nombres. Berkovitz (Berkovitz 2001) et Dowe (Dowe 2001) affirment que Mellor ne parvient pas à établir l'impossibilité des boucles causales.

Les boucles causales pour le voyage dans le temps dans le passé impliquent des événements qui semblent « venir de nulle part », (Smith 2016) objets ou informations paradoxaux « existants », aboutissant à un paradoxe bootstrap (Toomey 2007) (un voyageur dans le temps vole une machine à voyager dans le temps à partir du musée local pour faire un voyage dans le temps, puis donne la machine au même musée à la fin du voyage (c'est-à-dire dans le passé). Dans ce cas, la machine elle-même n'est jamais construite par quiconque - elle existe tout simplement), (Smith 2016) un paradoxe

informatif, (Everett and Roman 2012) (Everett donne l'exemple d'un paradoxe informatif: « un voyageur temporel copie une démonstration mathématique d'un manuel, puis voyage dans le temps pour rencontrer le mathématicien qui a publié la première démonstration, le mathématicien copie simplement la démonstration, à un moment antérieur à sa publication. Dans ce cas, les informations contenues dans la démonstration n'ont pas d'origine. »), (Everett and Roman 2012) ou un paradoxe ontologique. (Smeenk and Wüthrich 2011) Kelley L. Ross (Ross 2016) donne l'exemple d'un objet physique dont la ligne d'univers ou d'histoire forme une boucle fermée dans le temps, où il peut y avoir une violation de la deuxième loi de la thermodynamique: une horloge est donnée à une personne et, 60 ans plus tard, la même horloge est ramenée dans le temps et attribuée au même personnage. Ross déclare que l'entropie de l'horloge augmentera et que l'horloge transmise dans le temps sera plus usée à chaque répétition de son histoire.

Andrei Lossev et Igor Novikov ont nommé ces objets sans origine *Jimm*, avec le terme singulier *Jimnee*. (Popper 1985) Un objet qui fait le passage circulaire dans le temps doit être identique à chaque fois qu'il a été restauré dans le passé, sinon cela créerait une incohérence.

Krasnikov écrit que ces paradoxes impliquent toujours un système physique qui évolue à un stade qui ne soit pas régi par ses lois. Il ne trouve pas cela paradoxal et attribue les problèmes de validité du voyage dans le temps à d'autres facteurs d'interprétation de la relativité générale. (Krasnikov 2002)

La relativité générale autorise certaines solutions décrivant des univers contenant des courbes de temps fermées ou des lignes d'univers menant au même point de l'espace. (Gödel 1949) Igor Dmitriyevich Novikov a déclaré sur la possibilité de courbes de temps fermées (CTC) que seuls les retours en arrière autorégulés seraient autorisés. (Novikov 1983) Il a suggéré le principe de cohérence, selon lequel les seules solutions aux lois de la physique pouvant apparaître localement dans l'univers réel sont celles qui sont cohérentes à grande échelle. Les points de vue de Novikov ne sont pas

largement acceptés. Visser considère les liens de causalité et le principe de cohérence de Novikov comme une solution ad-hoc et suppose que les conséquences des voyages dans le temps sont beaucoup plus dommageables. (Nahin 1999) Krasnikov ne trouve aucune faute inhérente aux boucles causales, mais trouve d'autres problèmes avec le voyage dans le temps dans la relativité générale. (Krasnikov 2002)

Ulrich Meyer déclare qu'« affirmer que les boucles causales sont mystérieux, cela signifie dire qu'elles sont toujours inexplicables et je ne pense pas que ce soit juste. Les boucles causales peuvent corroborer toutes les explications qu'on pourrait raisonnablement demander. » (Meyer 2012) Exiger que tous les événements, y compris ceux qui se trouvent dans les boucles de causalité, soient explicables, c'est soutenir le principe de Leibnitz de raison suffisante (PRS)¹, mais il existe différentes manières de comprendre ce principe, telles que la lecture de PRS en tant que principe de causalité: (Meyer 2012)

Une version serait que chaque événement a une cause suffisante, PRS1, (Schlesinger 1995) qui implique des inférences à la meilleure explication. Cette version conduit souvent à des chaînes infinies de descendants d'événements dans lesquels chaque événement est provoqué par le précédent, *ad infinitum* (comme les modèles standard de la mécanique classique, dans lesquels tous les événements à un moment donné sont causés par des événements d'un moment précédent, qui, à leur tour, sont causés par des événements antérieurs, etc.), (Meyer 2012) également valable pour les boucles causales. PRS1 exige que chaque événement ait une explication causale, et non que la chaîne d'explications se termine quelque part. Mais PRS1 n'est pas exactement ce que Leibniz avait à l'esprit quand il a énoncé le principe de raison suffisante, dans *De rerum originatione radicali* (1697):

« Imaginons que le livre *Éléments* de la géométrie soit éternel, un exemplaire étant toujours fabriqué à partir d'un autre; alors il est clair que, bien que nous puissions donner une raison pour laquelle

¹ Le principe de la raison suffisante stipule que tout doit avoir une raison, une cause ou une motivation. (Rescher 1991)

ce livre est basé sur le livre précédent à partir duquel il a été copié, nous ne pouvons jamais atteindre une raison complète, peu importe le nombre de livres que nous pourrions supposer dans le passé, car quelqu'un peut toujours se demander pourquoi de tels livres auraient dû exister à tout moment; pourquoi les livres devraient simplement exister et pourquoi ils devraient être écrits de cette façon. Ce qui est vrai à propos des livres s'applique également aux différents états du monde ; chaque état ultérieur est quelque peu copié du précédent (bien que sous certaines lois du changement). Même si nous sommes revenus aux états précédents, nous ne découvrirons jamais en eux la raison pour laquelle un monde devrait exister et pourquoi il devrait être tel qu'il est. » (Leibniz 1956)

De par sa nature même, un motif complet ne saurait être un motif causal et irait donc au-delà de ce qui est discuté dans PRS1.

La deuxième interprétation du principe est la suivante : il existe une raison suffisante pour que le monde entier soit tel qu'il est (PRS2) :

« Nous pourrions expliquer l'existence d'une machine à voyager dans le temps en t_1 en termes d'existence d'une machine à voyager dans le temps en t_2 , mais cela ne semble pas expliquer pourquoi il existe une machine à voyager dans le temps. Mais si nous prenons cette préoccupation au sérieux, nous devrions nous demander, par exemple, pourquoi les électrons existent. Nous pouvons facilement expliquer cette causalité, en termes de lois de la nature et du fait qu'il y avait des électrons il y a 5 minutes. Mais alors la question se pose de savoir pourquoi ces précédents électrons existaient et nous aboutissons donc rapidement à une régression infinie d'explications causales qui ne manquent jamais de donner une raison complète de la présence d'un électron. » (Meyer 2012)

PRS2 a la conséquence indéniable d'exclure des vérités contingentes, ce qui a pour conséquence que « PRS2 est fausse et que les demandes explicatives complètes sont fausses ». (Meyer 2012) Il s'ensuit que si les lois de la nature coopèrent, les événements qui forment une boucle peuvent alors être expliqués de manière causale. Demander une explication plus détaillée ou « complète » de la boucle causale revient à demander quelque chose d'impossible. « Dans ce cas, la faute reviendrait à la personne qui a posé la question, pas à notre incapacité à répondre. » (Meyer 2012)

La priorité de causalité (certaines séquences d'événements connexes) peut être différente de la priorité temporelle (la totalité des événements). Si la cause était postérieure à l'effet, la cause devrait être imparable. Mais en général, nous sommes en mesure d'intervenir dans le monde pour provoquer ou prévenir des événements imprévus. Si la cause d'un événement se situe dans le futur, de telles

interventions sont soumises à des contraintes claires, et dans certains cas, cela sera impossible. (Grey 1999)

Simon Keller et Michael Nelson (Keller and Nelson 2010) affirment qu'il n'y a pas de prémisses préférentielles spécifiques impliquées dans un argument, de sorte qu'il n'y a pas de problème particulier pour le voyage dans le temps du point de vue du présentisme.

Wheeler et Feynman (Wheeler and Feynman 1949) ont été les premiers à soutenir que le fait que la nature soit continue n'impliquait pas des paradoxes causaux.

Conclusions

Un des thèmes du voyageur dans le passé est quand il s'avère être son propre parent, (Ayer 1956) ou même tous ses deux parents, en cas de changement de sexe du voyageur dans le temps. L'idée de voyager dans le temps est bizarre d'un point de vue métaphysique héraclitien. (Grey 1997) Le concept de temps est traditionnellement basé sur une analogie avec l'espace avec une caractéristique supplémentaire, l'asymétrie. Le passé est fixé (domaine des faits déterminé), le futur est fluide (expressions de la même intuition métaphysique héraclitéenne). Si le temps est assimilé aux « directions » données par la thermodynamique, la cosmologie et la psychologie, l'inversion du temps a un sens. Mais si l'écoulement du temps est l'actualisation de la possibilité, l'inversion du temps impliquerait l'absurdité de « repotentialiser » le passé. ((Grey 1999), voir aussi (Čapek 1961)) Le passé n'est pas la potentialité. Ce qui sera n'est pas encore déterminé. L'avenir est inactif en ce sens qu'il n'a pas encore été actif et qu'il a donc un potentiel, contrairement au passé qui a été actif et qui n'a pas de potentiel.

Dans une perspective parménidienne, l'existence d'ordres chronologiques alternatifs, désignés comme temps « personnel » et « externe » dans l'analyse de Lewis, (Lewis 1976) n'est pas sanctionnée par les mesures alternatives de la physique. Ce dualisme temporel entre temps expérimental et physique a une résonance cartésienne.

Frank Arntzenius et Tim Maudlin considèrent que la plupart des contradictions qui surviennent dans les voyages dans le temps sont logiquement incohérentes : le passé ne peut pas être « changé » (pour le présentisme, il n'y a ni passé ni futur, il n'y a donc pas de telle « destination »). (Arntzenius and Maudlin 2013) Mais si la seule exigence est la cohérence logique, ces aspects sont faciles à surmonter. Un scénario de voyage dans le temps cohérent peut être développé dans lequel tout ne se produit qu'une seule fois et de manière cohérente. Mais la cohérence logique est une très mauvaise condition. Du point de vue physique (la validité universelle de certaines lois physiques fondamentales et l'état physique sur une surface antérieure à la région du voyage dans le temps ne soit pas contrainte), le voyage dans le temps est également considéré comme possible. Les problèmes surgissent d'un point de vue métaphysique en raison de la nature même du temps.

Il faut noter que, bien que toutes les articles mettent l'accent seulement sur un événement spécifique (dans le paradoxe du grand-père, par exemple, uniquement sur le décès de son grand-père), je considère cette approche comme fautive. L'analyse d'un seul événement est erronée, alors qu'il existe de nombreux événements simultanés liés au même voyage dans le temps. Et le passé ne signifie pas seulement des événements. Cela inclut absolument toute matière et énergie à différents moments et leur évolution ultérieure. Changer le passé ne signifie pas seulement la mort de grand-père. Elle implique tous les autres échanges de matière à venir avec ceux du passé et le déplacement spatial de la matière qui occupait avant l'espace occupé par le voyageur.

En outre, il n'y a pas de délimitation claire entre une personne et l'environnement (échange permanent de matière, même d'air dans les poumons, les vêtements, la poussière sur les vêtements, etc.) selon la théorie des systèmes dynamiques en interaction avec l'environnement. (Beer 1995) Dans un voyage dans le temps, il est impossible qu'il n'y ait pas d'échange entre la matière arrivée avec le voyageur (air, poussière, etc.), il y a donc une contradiction de la loi de conservation de la matière, qui peut ainsi être créée ou disparaître à jamais, en corrélation avec la loi de la conservation de l'énergie.

Nicolae Sfetcu : Boucles causales dans le voyage dans le temps

Enfin, je crois qu'aucun paradoxe n'existe dans la réalité. Leur existence ne dépend que de notre conception, toujours incorrecte et/ou incomplète, des concepts d'espace et de temps, des limites du langage et de la manière de penser dans laquelle nous exprimons et concevons les phénomènes.

La seule preuve sérieuse de la possibilité d'un voyage dans le temps serait une démonstration de son actualité. Si nous convenons qu'il n'y a pas de voyage dans le temps à l'heure actuelle, l'hypothèse de son existence implique le postulat d'une différence substantielle de l'actualité.

Bibliographie

- Aristotle. 1941. "The Basic Works of Aristotle." 1941.
https://www.goodreads.com/work/best_book/12280-the-basic-works-of-aristotle.
- Arntzenius, Frank. 2006. "Time Travel: Double Your Fun." *Philosophy Compass* 1 (6): 599–616.
<https://doi.org/10.1111/j.1747-9991.2006.00045.x>.
- Arntzenius, Frank, and Tim Maudlin. 2013. "Time Travel and Modern Physics." In *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, edited by Edward N. Zalta, Winter 2013. Metaphysics Research Lab, Stanford University. <https://plato.stanford.edu/archives/win2013/entries/time-travel-phys/>.
- Atuq Eusebio Manga Qespi. 1994. "Pacha: Un Concepto Andino de Espacio y Tiempo." *Revista Española de Antropología Americana*.
<http://revistas.ucm.es/ghi/05566533/articulos/REAA9494110155A.PDF>.
- Ayer, A. J. 1956. *The Problem of Knowledge*. Harmondsworth.
- Bartlett, John. 2014. *Bartlett's Familiar Quotations*. Little, Brown.
- Beer, Randall D. 1995. "A Dynamical Systems Perspective on Agent-Environment Interaction." *Artificial Intelligence* 72 (1): 173–215. [https://doi.org/10.1016/0004-3702\(94\)00005-L](https://doi.org/10.1016/0004-3702(94)00005-L).
- Berkovitz, J. 2001. "On Chance in Causal Loops." *Mind* 110 (437): 1–23.
- Bolonkin, Alexander. 2011. *Universe, Human Immortality and Future Human Evaluation*. Elsevier.
- Čapek, Milič. 1961. *The Philosophical Impact of Contemporary Physics*. Princeton: Van Nostrand.
- Chattopadhyaya, Debiprasad. 1964. *Indian Philosophy: A Popular Introduction*. [New Delhi]People's Pub. House.
- Craig, William Lane. 1979. "WHITROW AND POPPER ON THE IMPOSSIBILITY OF AN INFINITE PAST." *The British Journal for the Philosophy of Science* 30 (2): 165–70.
<https://doi.org/10.1093/bjps/30.2.165>.
- Crisp, Thomas M. 2007. "Presentism, Eternalism, and Relativity Physics."
<https://thomasmcrisp.files.wordpress.com/2017/07/presentism-eternalism-and-relativity-physics.pdf>.
- Deutsch, David, and Michael Lockwood. 1994. "The Quantum Physics of Time Travel." *Scientific American* 270 (3): 68–74.
https://www.academia.edu/6059479/The_Quantum_Physics_of_Time_Travel.
- Dowe, Phil. 2001. "Causal Loops and the Independence of Causal Facts." *Philosophy of Science* 68 (S3): S89–97. <https://doi.org/10.1086/392900>.
- Everett, Allen. 2004. "Time Travel Paradoxes, Path Integrals, and the Many Worlds Interpretation of Quantum Mechanics." *Physical Review D: Particles and Fields* 69 (October).
<https://doi.org/10.1103/PhysRevD.69.124023>.
- Everett, Allen, and Thomas Roman. 2012. *Time Travel and Warp Drives*.
<http://www.press.uchicago.edu/ucp/books/book/chicago/T/bo8447256.html>.
- Faye, Jan. 2001. "Backward Causation," August.
<https://plato.stanford.edu/archives/win2017/entries/causation-backwards/>.
- Garrison, J. C., M. W. Mitchell, R. Y. Chiao, and E. L. Bolda. 1998. "Superluminal Signals: Causal Loop Paradoxes Revisited." *Physics Letters A* 245 (1): 19–25. [https://doi.org/10.1016/S0375-9601\(98\)00381-8](https://doi.org/10.1016/S0375-9601(98)00381-8).
- Gödel, Kurt. 1949. "An Example of a New Type of Cosmological Solutions of Einstein's Field Equations of Gravitation." *Reviews of Modern Physics* 21 (3): 447–50.
<https://doi.org/10.1103/RevModPhys.21.447>.
- Godfrey-Smith, William. 1980. "Travelling in Time: [Analysis 'Problem' No. 18]." *Analysis* 40 (2): 72–73.

- Goldstein, Sheldon. 2017. "Bohmian Mechanics." In *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, edited by Edward N. Zalta, Summer 2017. Metaphysics Research Lab, Stanford University. <https://plato.stanford.edu/archives/sum2017/entries/qm-bohm/>.
- Gott, J. Richard. 2002. *Time Travel in Einstein's Universe: The Physical Possibilities of Travel Through Time*. Houghton Mifflin Harcourt.
- Greenberger, Daniel M., and Karl Svozil. 2005. "Quantum Theory Looks at Time Travel." In *Quo Vadis Quantum Mechanics?*, 63–71. The Frontiers Collection. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/3-540-26669-0_4.
- Grey, William. 1997. "Time and Becoming." *Cogito* 11 (3): 215–20. https://www.academia.edu/7483089/Time_and_becoming.
- . 1999. "Troubles with Time Travel." *Philosophy* 74 (287): 55–70. <http://www.jstor.org/stable/3752093>.
- Hanley, Richard. 2004. "No End in Sight: Causal Loops in Philosophy, Physics and Fiction." *Synthese* 141 (1): 123–52. <https://doi.org/10.1023/B:SYNT.0000035847.28833.4f>.
- Hawking, S. W. 1992. "Chronology Protection Conjecture." *Physical Review D* 46 (2): 603–11. <https://doi.org/10.1103/PhysRevD.46.603>.
- Hawking, Stephen. 1999. "Space and Time Warps." Stephen Hawking. 1999. <http://www.hawking.org.uk/space-and-time-warps.html>.
- Hawking, Stephen W., Kip S. Thorne, Igor D. Novikov, Timothy Ferris, and Alan Lightman. 2003. *The Future of Spacetime*. Norton.
- Hawkins, Stephen. 2010. "How to Build a Time Machine." Mail Online. 2010. <http://www.dailymail.co.uk/home/moslive/article-1269288/STEPHEN-HAWKING-How-build-time-machine.html>.
- Horwich, Paul. 1987. "Asymmetries in Time: Problems in the Philosophy of Science." MIT Press. 1987. <https://mitpress.mit.edu/books/asymmetries-time>.
- Jarrell, Mark. 2006. "The Special Theory of Relativity." www.phys.lsu.edu/~jarrell/COURSES/ELECTRODYNAMICS/Chap11/chap11.tex.
- Keller, S, and M Nelson. 2010. "Presentists Should Believe in Time-Travel." *Australasian Journal of Philosophy* September 1 (April): 333–45. <https://doi.org/10.1080/713931204>.
- Kowalczyński, Jerzy Klemens. 1984. "Critical Comments on the Discussion about Tachyonic Causal Paradoxes and on the Concept of Superluminal Reference Frame." *International Journal of Theoretical Physics* 23 (1): 27–60. <https://doi.org/10.1007/BF02080670>.
- Krasnikov, S. 2002. "Time Travel Paradox." *Physical Review D* 65 (6): 064013. <https://doi.org/10.1103/PhysRevD.65.064013>.
- Leibniz, Gottfried Wilhelm Freiherr von. 1956. *Philosophical Papers and Letters*. University of Chicago Press.
- Lewis, David. 1976. "The Paradoxes of Time Travel." *American Philosophical Quarterly* 13 (2): 145–52. <http://www.jstor.org/stable/20009616>.
- Lobo, Francisco, and Paulo Crawford. 2002. "Time, Closed Timelike Curves and Causality." *NATO Science Series II* 95 (July): 289–96. https://doi.org/10.1007/978-94-010-0155-7_30.
- Lossev, A., and I. D. Novikov. 1992. "The Jinn of the Time Machine: Nontrivial Self-Consistent Solutions." *Classical and Quantum Gravity* 9 (10): 2309. <https://doi.org/10.1088/0264-9381/9/10/014>.
- Maudlin, Tim. 2010. "On the Passing of Time." <https://philocosmology.rutgers.edu/images/uploads/TimDavidClass/05-maudlin-chap04.pdf>.
- Meiland, Jack W. 1974. "A Two-Dimensional Passage Model of Time for Time Travel." *Philosophical Studies* 26 (November). <https://doi.org/10.1007/BF00398876>.

- Mellor, D. H. 1998. *Real Time Ii*. Routledge.
- Meyer, Ulrich. 2012. "Explaining Causal Loops." *Analysis* 72 (2): 259–64.
<https://doi.org/10.1093/analys/ans045>.
- Monton, Bradley. 2009. "Time Travel without Causal Loops." *The Philosophical Quarterly* (1950-) 59 (234): 54–67. <http://www.jstor.org/stable/40208578>.
- Nahin, Paul J. 1999. *Time Machines: Time Travel in Physics, Metaphysics, and Science Fiction*.
[//www.springer.com/gp/book/9780387985718](http://www.springer.com/gp/book/9780387985718).
- Novikov, Igor D. 1983. *Evolution of the Universe*. 1st Edition edition. Cambridge ; New York: Cambridge University Press.
- Popper, Karl. 1985. "Unended Quest: An Intellectual Autobiography." 1985.
https://www.goodreads.com/work/best_book/494526-unended-quest.
- Rea, Michael. 2014. *Metaphysics: The Basics*. Routledge.
- Rescher, Nicholas. 1991. *G.W. Leibniz's Monadology: An Edition for Students*. University of Pittsburgh Press.
- Ross, Kelley L. 2016. "Time Travel Paradoxes." 2016. <http://www.friesian.com/paradox.htm>.
- Schlesinger, George N. 1995. "A Pragmatic Version of the Principle of Sufficient Reason." *The Philosophical Quarterly* (1950-) 45 (181): 439–59. <https://doi.org/10.2307/2220308>.
- Serway, Raymond A, Robert J Beichner, and John W Jewett. 2000. *Physics for Scientists and Engineers*. 5th ed. Philadelphia : Saunders College Publishing.
<https://trove.nla.gov.au/version/7626018>.
- Smeenk, Chris, and Christian Wüthrich. 2011. "Time Travel and Time Machines," April.
<https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780199298204.003.0021>.
- Smith, Nicholas J.J. 2016. "Time Travel." In *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, edited by Edward N. Zalta, Spring 2016. Metaphysics Research Lab, Stanford University.
<https://plato.stanford.edu/archives/spr2016/entries/time-travel/>.
- Swartz, Norman. 2001. "Beyond Experience: Metaphysical Theories and Philosophical Constraints." 2001. http://www.sfu.ca/~swartz/beyond_experience/.
- Thorne, Kip S., Vladimir Braginsky, and Vitaly Ginzburg. 1994. "Black Holes and Time Warps: Einstein's Outrageous Legacy." *Physics Today*. <https://doi.org/10.1063/1.2808700>.
- Toomey, David. 2007. *The New Time Travelers: A Journey to the Frontiers of Physics*. New York: W. W. Norton & Company.
- Visser, Matt. 1996. *Lorentzian Wormholes - From Einstein to Hawking*.
[//www.springer.com/gp/book/9781563966538](http://www.springer.com/gp/book/9781563966538).
- Visser, Matt, Sayan Kar, and Naresh Dadhich. 2003. "Traversable Wormholes with Arbitrarily Small Energy Condition Violations." *Physical Review Letters* 90 (June): 201102.
<https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.90.201102>.
- Wheeler, John Archibald, and Richard Phillips Feynman. 1949. "Classical Electrodynamics in Terms of Direct Interparticle Action." *Reviews of Modern Physics* 21 (3): 425–33.
<https://doi.org/10.1103/RevModPhys.21.425>.
- Yourgrau, Palle. 2005. "A World Without Time: The Forgotten Legacy of Gödel and Einstein." 2005. <https://www.amazon.com/World-Without-Time-Forgotten-Einstein/dp/0465092942>.