

La philosophie de la physique sans le temps

In Joseph Famerée et Paulo Rodrigues (eds.) *The Genesis of concepts and the confrontation of rationalities: Theology, Philosophy, Science*, Peeters, 2018, 105-121

I. INTRODUCTION

Par définition, la physique est l'étude de la nature. Depuis au moins Aristote, on pense que « [L]es étants par nature paraissent posséder en eux-mêmes un principe de mouvement et de stabilité »¹. En conséquence, la physique est l'étude des principes intrinsèques du changement, en d'autres mots la discipline qui investit les principes dynamiques des êtres naturels. Le changement étant généralement compris comme ce qui advient dans le temps, la physique est donc une discipline où la temporalité joue un rôle central. Pour illustrer la chose, contrastez la physique avec une discipline proche mais atemporelle comme les mathématiques². Que deviendrait la physique s'il s'avérait que le temps n'existe pas ? Pourrait-on toujours soutenir que le cœur de la physique est l'identification des principes de changement ? Dans cet essai, je vais soutenir que l'on doit répondre par l'affirmative. La dynamique est première et est l'objet de la physique. Le temps n'est au mieux qu'un dérivé.

Cette thèse n'a pas que des conséquences en physique. En effet, lorsque l'on étudie les processus neurologiques et psychologiques à l'œuvre dans l'expérience du temps vécu, on utilise comme étalon de comparaison le temps mesuré sur une horloge, en d'autres mots le temps physique³. Si ce dernier n'existe pas, les recherches utilisant cette comparaison devront à tout le moins être réinterprétées. Une méthode fréquemment utilisée pour éviter ces considérations est de renverser la dépendance entre le temps vécu et le temps physique. Par exemple, en soutenant que le temps physique n'est pas le temps véritable, mais bien, au mieux, un temps dérivé. Le temps phénoménologique ou métaphysique serait le fondement et la justification du temps physique. Dans cet essai, je n'argumenterai pas directement contre cette approche car il me faudrait discuter du rapport entre physique et métaphysique, une question qui nous entraînerait trop loin. Néanmoins, je compte désamorcer, dans la prochaine section, l'argument classique en faveur de cette approche, c'est-à-dire que le changement nécessite une forme de devenir, notion qui serait inaccessible aux méthodes empiriques et donc à la science.

Pour soutenir la thèse qui veut que la dynamique est première et que le temps est second, je construirai mon propos en quatre étapes. Dans la première partie, je montrerai que la notion de changement ne nécessite pas celle de devenir. L'identification du changement au devenir et en dernier lieu à la notion de durée phénoménologique n'est ni une nécessité métaphysique, ni une nécessité empirique. Puis, j'évoquerai des exemples historiques (Aristote, Newton, Einstein) pour montrer que l'articulation entre changement et temps est depuis longtemps

¹ ARISTOTE, *La physique*, Paris, Librairie philosophique J. Vrin, 2008, 192b13-14. Traduction de A. STEVENS.

² Noter que nous ne nions en rien qu'il y ait des facteurs historiques et donc une temporalité dans le développement des mathématiques. Cependant, l'objet des mathématiques n'est apparemment pas lui-même temporel.

³ Pour des exemples de telles recherches, S. GRONDIN (éd.), *Psychology of Time*, Bingley, Emerald, 2008 ; C. CALLENDER, *The common now*, in *Philosophical issues* 18 (2008) 339-361.

sujet à débat. Nous n'avons pas affaire ici à une relation quasi-analytique qui empêcherait toute révision. Dans la quatrième partie, j'expliquerai brièvement quelques unes des raisons qui, en physique contemporaine, nous font douter aujourd'hui de la légitimité du temps. En particulier, je montrerai que cette conclusion n'élimine pas d'office la possibilité de définir le changement. Finalement, dans la cinquième et dernière partie, je discuterai la mesure dans laquelle on peut considérer le temps comme une illusion. Concluant par la négative, je soulèverai les difficultés que rencontre une position émergentiste sur le temps.

II. CHANGEMENT ET DEVENIR

Dans cette section, je discuterai les thèses métaphysiques, souvent soutenues, suivantes : le changement implique le passage du temps, au sens d'un devenir, et que dans ce contexte, le temps ne peut s'identifier au changement. Ces positions ont été déclinées de multiples façons, je vais ici me concentrer sur deux arguments que l'on doit respectivement à J.E. McTaggart et S. Shoemaker. Mon objectif sera de montrer que ces thèses ne sont pas aussi solides qu'elles ne le paraissent.

McTaggart est bien connu pour avoir soutenu l'irréalité du temps⁴. Ce n'est pas cette conclusion que je vais discuter ici mais bien la dépendance qu'il voit entre changement et devenir. Selon lui, le changement nécessite une forme de devenir. Plus précisément, il argumente que le changement nécessite la série des positions temporelles A, c'est-à-dire « the series of positions running from the far past through the near past to the present, and then from the present to the near future and the far future⁵ ». Cette série est à contraster avec la série B : « The series of positions which runs from earlier to later⁶ ». La série B est aussi temporelle mais n'implique pas à elle seule le passage du temps. L'argument de McTaggart est simple. Si le changement pouvait se définir à l'aide de la seule série B, il n'y aurait pas de distinction ontologique entre le changement et une simple différence. Prenons un exemple pour illustrer ce point. Imaginons que l'on mesure des températures différentes à deux endroits au même moment. La variation de température mesurée ne sera pas considérée comme un changement mais bien comme une différence. Il n'y a apparemment rien de dynamique dans cette variation. Maintenant mesurons la température dans le même lieu mais à deux moments différents. Selon McTaggart, la différence de température mesurée pourrait, au plus, être l'indice qu'un changement a eu lieu mais ne peut être en elle-même un changement. La position contraire reviendrait à assimiler la différence à la notion de changement, ce qui, toujours selon McTaggart, serait une erreur métaphysique. En effet, cela reviendrait à spatialiser le temps. Une différence entre événements n'est pas un changement. Le changement c'est lorsqu'un événement change. Un raisonnement semblable se trouve dans le *Parménide* de Platon : « Et rien ne change sans être dans le changement. [...] Quand donc a lieu le changement? Car on ne change ni quand on est en repos, ni quand on est en mouvement, ni quand on est dans le temps. [...] Car l'instant semble désigner le point où on change en passant d'un état à un autre »⁷. En termes contemporains, pour représenter adéquatement le changement Platon affirme que la série B doit être renforcée par l'ajout de propriétés dynamiques qui rendent possible d'aller au-delà de la différence. En résumé, le

⁴ Pour en savoir plus, le lecteur est invité à consulter B. DAINTON, *Time and Space*, Montreal & Kingston, McGill-Queen's University Press, 2001, chapitre 2.

⁵ J.E. MCTAGGART, *The Unreality of Time*, in *Mind* 17 (1908) 457-474.

⁶ *Ibid.*

⁷ PLATON, *Parmenides*, Paris, Gallimard, Trad. V. Cousin, 156c-d.

changement semble nécessiter plus que la temporalité, au sens de la série B, mais aussi le devenir.

Métaphysiquement, l'inverse n'est pas vrai puisqu'il existe des arguments pour soutenir la possibilité de vide temporel, c'est-à-dire de périodes où le temps passe mais où il ne se passe strictement rien. Schoemaker a soutenu qu'il est tout à fait envisageable qu'une zone de l'univers subisse un gel de tout changement alors que le reste de l'univers continue d'évoluer⁸. À l'intérieur de la zone gelée, le passage du temps est imperceptible. Cependant, une fois le gel terminé, on peut constater que le temps a tout de même passé dans la zone en comparant les horloges de cette région à celles de l'extérieur. Selon Shoemaker, on atteste donc du passage du temps par la constatation de cette relation. Toujours selon lui, si un tel cas est possible localement, il n'y a pas de raison qu'il ne puisse exister globalement. Il n'y aurait donc pas d'implication nécessaire entre le passage du temps et la présence de changement.

Si le changement implique le devenir alors la contraposition tient. En l'absence de devenir, il ne peut y avoir de changement. En conséquence, si nous avons des raisons physiques de douter de l'existence du devenir (voir partie IV ci-dessous), ces doutes devraient impliquer l'impossibilité du changement. La physique, définie comme l'étude des principes intrinsèques du changement, scierait la branche sur laquelle elle est assise. Avant d'affronter les arguments métaphysiques de McTaggart et Shoemaker abordons brièvement la question de savoir si nous avons des raisons empiriques d'associer changement et devenir. A-t-on besoin de la notion de devenir pour décrire le changement tel qu'il est appréhendé par des méthodes empiriques ? Pour simplifier l'exposition, je ne discuterai que du seul mouvement. Mon analyse devrait pouvoir se projeter mutatis mutandis aux autres types de changement.

Le mouvement, selon une approche dynamiste à la McTaggart, consiste en un changement de positions compris comme un processus, dépendant d'un devenir. À chaque instant, le mouvant possède factuellement des propriétés dynamiques comme la vitesse. Il est effectivement dans un état de mouvement tout au long de celui-ci. Une conception du mouvement qui contraste avec celle-ci est celle soutenue par B. Russell :

Motion consists broadly in the correlation of different terms of t [a continuous one-dimensional series] with different terms of s [a continuous three-dimensional series]. [...] Motion consists merely in the occupation of different places at different times, [...] There is no transition from place to place, no consecutive moment or consecutive position, no such thing as velocity except in the sense of a real number which is the limit of a certain set of quotients⁹.

Russell adopte cette conception pour des raisons mathématiques et scientifiques. Il soutient que nous avons de bonnes raisons de rejeter l'existence des infinitésimaux et d'adopter la conception de la continuité de Cantor. Si c'est le cas, il n'y a apparemment aucune raison de soutenir que la représentation du mouvement que l'on peut tester empiriquement nécessite la notion de devenir. En ce qui concerne la représentation de la temporalité du mouvement, la série B suffit. Les paradoxes classiques du mouvement, comme ceux de Zénon, peuvent tous

⁸ S. SHOEMAKER, *Time Without Change*, in *The Journal of Philosophy* 66 (1969) 363-381.

⁹ B. RUSSELL, *The Principles of Mathematics*, London, George Allen & Unwin, 1951, p. 473.

être résolu¹⁰. L'acte de mesure étant essentiellement une mise en corrélation¹¹, la représentation du mouvement proposée par Russell colle à ce qui est en principe accessible à l'expérience. L'appel au devenir ne semble pas nécessaire dans ce contexte empirique. La connexion entre le mouvement et le devenir se fait pour des raisons métaphysiques.

Soutenir que le mouvement ne peut se résumer à l'occupation par un corps de positions différentes à des moments différents présume que la réalité change et que ce changement ne peut être capturé par cette approche statique du mouvement¹². Mais pourquoi devrait-on croire une telle chose ? Apparemment pas pour des raisons empiriques, comme je l'ai écrit plus haut. La thèse pourrait être dérivée d'une position qui considère le mouvement de manière ontologique, comme un être à part entière. Dans ce contexte, la description statique ne capturerait que certaines propriétés indexées du mouvement mais en aucune façon son entièreté. Mais si le mouvement est une chose, un objet, il peut être sujet de prédication. Il est un porteur de propriétés, ce que l'on nomme traditionnellement un étant dans le cadre aristotélicien¹³. Mais justement si le changement est un étant, il est une « chose permanente » et ne peut donc changer lui-même, ce qui justifierait une description statique mais cette fois du second ordre¹⁴. Cette option n'est pas acceptable pour l'adepte d'une approche dynamiste du changement. Le changement ne peut donc pas être un étant. Dans ce cas qu'est-il ? Comment peut-on le décrire ? La manière la plus simple de résoudre ces difficultés est d'adopter une approche statique, comme le fait Guillaume d'Ockham, à propos de la physique d'Aristote :

[M]otion is not something distinct or some thing distinct from the things to which motion is connected. [...] local motion should be described in this way : a mobile thing now coexists as a part of a place where it did not coexists before¹⁵.

Ockham soutient que la position dynamiste commet une erreur linguistique en prenant un terme absolu (qui réfère directement) pour un terme connotatif¹⁶. Cette discussion n'est certes pas le dernier mot sur la question, mais elle a le mérite de montrer la difficulté qu'il y a à soutenir que le changement nécessite le devenir. Que le changement entretienne une certaine relation à la temporalité, cela va de soi, mais on peut tout à fait avoir une lecture statique de cette relation.

Ce qui nous amène au vide temporel. Si le mouvement est l'établissement d'une corrélation entre position et temps, il est a priori possible qu'un vide temporel local existe, puisque dans ce cas, l'absence de changement dans la zone de vide peut être corrélée sans ambiguïté à une

¹⁰ *Ibid*, chapitre 42.

¹¹ R. CARNAP, *Philosophical Foundations of Physics*, New York, NY, Basic Books, 1966, partie 2.

¹² Pour une analyse plus fine de cet argument, voir E. BOCCARDI, *If It Ain't Moving It Shall Not Be Moved*, in *Topoi* 34 (2015) 171-185

¹³ Pour une approche contemporaine d'une métaphysique aristotélicienne comme fondement de la science, voir E.J. LOWE, *The Four-Category Ontology: a metaphysical foundation for natural science*, Oxford, Oxford University Press, 2006.

¹⁴ ARISTOTE, *La Physique*, Livre 3.

¹⁵ J. DAVIES, *Ockham on Aristotle's Physics: A Translation of Ockham's Brevis Summa Libri Physicorum*, St. Bonaventure NY, Franciscan Institute Publications, 1989, pp. 40-41.

¹⁶ H. SHAPIRO, *Motion, Time and Place According to William Ockham*, St. Bonaventure, NY, Franciscan Institute Publications, 1957, chapitre 1.

suite temporelle établie sur la base des mouvements dans le reste de l'univers. Qu'en est-il d'un vide temporel universel ? N'ayant pas de façon aisée d'établir une suite temporelle, on pourrait douter qu'un tel vide puisse être défini. Un argument indirect est tout de même possible. En relativité générale, il existe des solutions des équations d'Einstein, bien définies, qui postulent un univers vide de matière. Le temps existe dans ces modèles comme une paramétrisation de l'espace-temps mais aucun changement, au sens où nous l'entendons ordinairement, se produit¹⁷. Notre univers ne correspond pas à ce cas de figure, mais si la théorie physique est en mesure de décrire des possibilités physiques alors la conclusion de Shoemaker tient en relativité générale. Notez que cette conclusion ne nécessite pas de recourir à une forme de devenir.

Dans cette section j'ai soutenu que la notion de changement ne nécessite pas celle de devenir. Le changement peut tout à fait être compris comme une corrélation entre quantités, dont l'une est temporelle. Ce résultat n'est pas trivial, puisqu'il contredit l'intuition que plusieurs d'entre nous avons.

III. LA COORDINATION TEMPORELLE DU CHANGEMENT

Avant de passer à la physique contemporaine, je vais exposer dans cette section quelques unes des façons qui ont été proposées pour coordonner le changement et le temps. Les trois moments choisis, Aristote, Newton et Einstein ne seront pas discutés en détail. Mon objectif sera plutôt de montrer que plusieurs options sont possibles et que le sens commun est tout sauf un bon guide en la matière.

Cerner de manière univoque ce qu'est la position d'Aristote en ce qui concerne la nature du temps et sa relation au changement est une question d'une redoutable difficulté. Pour certains commentateurs, l'existence même du temps n'est pas une question tranchée¹⁸. La relation entre le temps ontologique et le temps perçu n'est pas non plus limpide. Dans le présent essai, je me contenterai de présenter certains aspects de la position d'Aristote de manière à extraire une position cohérente concernant la relation entre changement et temps. Je n'ai cependant pas la prétention de soutenir qu'il s'agit de la position qu'Aristote a effectivement soutenue.

Selon Aristote, le temps n'est pas un être en soi, il est une certaine façon de qualifier un genre d'être spécifique, c'est-à-dire le changement ou plus particulièrement le mouvement.

Et nous ne mesurons pas seulement le mouvement par le temps, mais aussi le temps par le mouvement, du fait qu'ils se définissent l'un par l'autre ; en effet, le temps définit le mouvement en étant son nombre, et le mouvement le temps. Et nous disons qu'il y a beaucoup ou peu de temps en le mesurant par le mouvement [...]¹⁹.

¹⁷ J. EARMAN, *Space-Time, or How to Solve Philosophical Problems and Dissolve Philosophical Muddles without Really Trying*, in *The Journal of Philosophy* 67 (1970) 259-277.

¹⁸ Par exemple, voir M. INWOOD, *Aristotle on the Reality of Time*, in L. JUDSON (ed.), *Aristotle's Physics: A Collection of Essays*, Oxford, Oxford University Press, 1991, 151-178.

¹⁹ ARISTOTE, *La Physique*, 220b15-20.

Donc, où il y a mouvement, il y a temps et, où il y a temps, il y a mouvement. Cependant, temps et mouvement ne sont pas sur le même pied ontologique. Le mouvement est, en quelque sorte, premier. En effet

[L]e nombre du transport est le temps, d'autre part, l'instant, de même que le transporté, est comme l'unité du nombre²⁰.

Le temps est la « mesure » du mouvement, une forme de qualification de ce dernier. Si la discussion s'arrêtait là, nous aurions déjà affaire à une conception remarquable du temps. Chaque changement est associé à un temps *qui lui est propre*, puisque le temps est une propriété du changement. En comparant les changements, on pourrait, en principe, comparer les temps associés, mais cette comparaison serait indirecte. Il semble donc que le temps aurait aussi un aspect relationnel, ce que le passage suivant confirme :

D'autre part, puisque le temps est mesure du mouvement, il sera aussi mesure du repos par accident, car tout repos est dans le temps. En effet, si ce qui est dans le mouvement est nécessairement mû, il n'en va pas de même pour ce qui est dans le temps, car le temps n'est pas mouvement mais nombre du mouvement et, dans le nombre du mouvement peut se trouver aussi ce qui est au repos²¹.

Le repos qui est l'absence locale de mouvement peut donc aussi être dans le temps de manière comparative ou relationnelle.

Aristote n'arrête cependant pas là. Le changement, comme le temps, est perpétuel²². Il y a donc, dans notre monde, un temps global ou universel auquel tout temps local peut être comparé. Ce mouvement étalon est le mouvement circulaire et le mouvement circulaire par excellence est celui des sphères célestes.

Si on se résume, Aristote soutient que le temps est une qualification quantitative du mouvement. Les mouvements pouvant se comparer, leurs temps associés le peuvent aussi. S'il y a un temps global, c'est dans la mesure où un certain mouvement, comme celui des sphères célestes, est continu et régulier. Le passage du temps global est le résultat de la relation des temps locaux à cet étalon.

L'apparente relativité du temps suggérée par Aristote a une conséquence inattendue. Si le temps est une qualification quantitative du mouvement, est-ce que le temps passe plus vite dans le cas d'un mouvement rapide ? Le temps dépendant du mouvement, peut-on identifier qu'un mouvement est rapide autrement qu'en le comparant à un autre ? Cette difficulté n'a pas échappé à Descartes²³ mais c'est Newton qui y apporta une réponse claire : « I. Le temps absolu, vrai et mathématique, sans relation à rien d'extérieur, coule uniformément, et s'appelle *durée*.²⁴ »

²⁰ *Ibid*, 220a1-5.

²¹ *Ibid*, 221b7-15.

²² *Ibid*, 232b20-25.

²³ R. DESCARTES, *Les Principes de philosophie : première partie*, Paris, Vrin, 2009, paragraphe 57.

²⁴ I. NEWTON, *Principes mathématiques de la philosophie naturelle*, Trad. par La Marquise DU CHATELET, Paris, Dunod, 2005, Livre 1, Scholie.

Le temps passe indépendamment de tout mouvement. En principe, la célérité de toute paire de mouvements peut donc être comparée grâce au temps (et espace) absolu. Il existe une manière non ambiguë de stipuler si deux événements distants se passent en même temps. Si cette conception du temps est métaphysiquement plus satisfaisante, elle ne l'est pas nécessairement empiriquement. En effet, rien ne permet de relier directement le temps mesuré par un mouvement particulier, par exemple une horloge, au temps absolu. Le fait que tous les temps associés à chaque mouvement soient coordonnés entre eux par le truchement du temps absolu n'est plausible que dans la mesure où nous avons des raisons indépendantes de croire que le temps absolu existe. On peut légitimement douter de cette existence indépendante²⁵.

Une habile proposition pour remédier à cette difficulté est de ramener le temps au sujet, comme le fait Kant :

2. Le temps est une représentation nécessaire qui sert de fondement à toutes les intuitions. On ne peut, par rapport aux phénomènes, en général, supprimer le temps lui-même [...]. Le temps est donc donné *a priori*. En lui seulement toute réalité des phénomènes est possible²⁶.

Cette position semble métaphysiquement moins coûteuse mais a la même caractéristique que la position de Newton, elle décroche le temps du mouvement et rend la dynamique dépendante du temps et non l'inverse comme chez Aristote. Avec Newton et Kant, la physique passe d'une science de la dynamique (principes intrinsèques du mouvement/changement) à une science des phénomènes dans l'espace et le temps.

Avec Einstein, si on ne revient pas à la lettre d'Aristote, on en revient à l'esprit. Dans son fameux article sur la relativité restreinte²⁷, Einstein ramène sur le tapis que le temps est essentiellement ce que les horloges mesurent. Cette approche est locale et même contextuelle dans la mesure où le temps mesuré peut dépendre du mouvement des horloges elles-mêmes. Si on veut étendre cette notion locale à une plus vaste région, il nous faut synchroniser différentes horloges par l'intermédiaire d'un processus physique :

The « times » of an event is the reading obtained simultaneously from a clock at rest that is located at the place of the event, which for all time determinations runs synchronously with a specified clock at rest, and indeed with the specified clock²⁸.

Les lois de la mécanique et de l'électrodynamique ont pour conséquences que cette synchronisation est nécessairement relative au mouvement, plus précisément au référentiel inertiel. Avec Einstein, la dynamique reprend le rôle central. Cette tendance sera renforcée par le développement dans la décennie suivante de la relativité générale :

²⁵ A. ROBINET, éd., *Correspondance Leibniz-Clarke*, Bibliothèque de philosophie contemporaine, Paris, Presses Universitaires de France, 1957.

²⁶ E. KANT, *Critique de la raison pure*. Traduit par A. J.-L. DELAMARRE et F. MARTY, Paris, Gallimard, 1980.

²⁷ A. EINSTEIN, *On the Electrodynamics of Moving Bodies*, in John STACHEL (éd.), *Einstein's Miraculous Year - Five Papers That Changed the Face of Physics*, Princeton, NJ, Princeton University Press, 1998, 123-160.

²⁸ *Ibid*, p. 127.

Thus, according to the general theory of relativity, gravitation occupies an exceptional position with regard to other forces, particularly the electromagnetic forces, since the ten functions representing the gravitational field at the same time define the metrical properties of the space measured²⁹.

L'espace et le temps, imbriqués dans une même représentation : l'espace-temps, ne constituent plus le théâtre dans lequel se produisent les phénomènes mais sont une entité dynamique correspondant au champ gravitationnel. Les conséquences de cette révolution dans notre conception de l'espace et du temps sont nombreuses et intensément débattues³⁰. Dans cet essai, je me contenterai d'insister sur la mise au second plan du temps comme paramètre caractérisant tout mouvement. En relativité générale, s'il y a une conception un peu robuste du temps c'est celle du temps propre, c'est-à-dire le temps mesuré par une horloge le long d'une trajectoire dans l'espace-temps, une ligne d'univers. Typiquement, ce temps dépend de la trajectoire et des interactions gravitationnelles subies le long de cette même trajectoire. Pour deux lignes d'univers, la théorie de la relativité générale permet de prédire le temps propre de l'une par rapport à l'autre et inversement, mais aucun temps n'est plus fondamental que l'autre. Le rapport entre temps, entre processus physiques, est une quantité objective selon la théorie. Le succès empirique de la relativité générale, sans recours à un temps universel, fait dire au physicien Carlo Rovelli :

Basic physics without time is viable, it is forced upon us by relativity, and it is conceptually coherent and consistent with our experience of the world³¹.

Même si on adopte une approche statique du mouvement, l'articulation du mouvement et du temps est loin d'être triviale dans la relativité générale. Certes, Einstein nous incite à revenir à une approche à la Aristote, c'est-à-dire que si le temps existe c'est au mieux une qualification du changement. Deux facteurs nous incitent à la prudence face à cette conclusion : 1) On peut être au repos et tout de même dans le temps. En effet, un objet apparemment immobile engendre une trajectoire dans l'espace-temps. La notion de changement doit donc ici être comprise dans un sens bien plus large que traditionnellement, car une trajectoire spatio-temporelle est essentiellement une corrélation entre l'objet et le champ gravitationnel. 2) Dans la suite de ce qui vient d'être mentionné, la théorie de la relativité générale modélise les relations entre événements et, en particulier, entre événements et champ gravitationnel. Elle n'a pas comme pouvoir de décrire les propriétés intrinsèques spatio-temporelles. On peut donc douter que le temps ait une existence véritable en relativité générale, dans la mesure où il ne serait qu'une forme de relation entre véritables propriétés physiques. Ce problème reviendra dans la section suivante.

IV. LE PROBLEME DU TEMPS EN GRAVITATION QUANTIQUE

²⁹ A. EINSTEIN, *The Foundation of the General Theory of Relativity*, in A.J. KOX, M.J. KLEIN et R. Schulmann (ed.), *The Collected Papers of Albert Einstein*, volume 6, traduit par Alfred ENGEL, Princeton, NJ, Princeton University Press, 1997, 146-200.

³⁰ Pour un échantillon, voir un ouvrage collectif comme J. BUTTERFIELD, M. HOGARTH, et G. BELOT (éd.), *Spacetime*, Alderhot, Dartmouth, 1996.

³¹ C. ROVELLI, *The Disappearance of Space and Time*, in D. DIEKS (éd.), *Philosophy and Foundations of Physics: The Ontology of Spacetime*, Elsevier, 2006, 25-36.

Du fait de leur indéniable succès empirique, tôt ou tard il faudra combiner les acquis de la relativité générale et de la physique quantique. Cette tâche ne va pas de soi, comme le montre ce raisonnement de Matvei Bronstein³² :

- Prémisses 1 – L’attribution d’une propriété à une petite région spécifique nécessite une localisation précise.
- Prémisses 2 – Selon la mécanique quantique, une localisation précise nécessite une grande impulsion et donc, une grande énergie.
- Prémisses 3 – Selon la relativité générale, toute forme d’énergie agit comme une masse gravitationnelle et déforme l’espace-temps proportionnellement.
- Conclusion 1 – Il existe une taille minimale pour laquelle nous pouvons localiser une propriété sans que cette dernière soit cachée par son propre horizon.
- Conclusion 2 – L’attribution de propriétés locales, l’essence de la théorie quantique des champs, est apparemment impossible.

En physique quantique, il apparaît que le temps doit demeurer un paramètre d’arrière-plan sans rôle dynamique³³. D’un autre côté, la relativité générale nous incite à considérer le champ gravitationnel et, par le fait même, le temps, comme dynamique. Deux programmes de recherche³⁴, deux théories, visent à résoudre ce problème. Soit on conserve une structure spatio-temporelle en arrière-plan et on reconstruit toutes les interactions, gravitation comprise, par rapport à cet arrière-plan. Cette approche est en gros celle développée par la théorie des supercordes. Soit on élimine tout arrière-plan spatio-temporel de l’ontologie de la théorie et on développe une théorie quantique gravitationnelle. Cette approche est celle choisie par des programmes comme celui de la gravitation quantique à boucles covariante (QBC).

Chacune de ces approches rencontrent des difficultés similaires pour rendre compte du temps. Pour des raisons d’espace, je ne vais brièvement discuter que de QBC. Dans cette théorie, on débute par une certaine lecture des acquis de la relativité générale³⁵ où l’évolution des systèmes est fonction d’un paramètre de jauge, en d’autres mots d’un paramètre auquel ne correspond directement aucune quantité physique, comme par exemple le temps³⁶. Dans cette approche, on débute donc par une théorie sans temps³⁷. Puis on passe à une théorie quantique.

³² Raisonnement reconstruit et simplifié que l’on trouve dans D. ROVELLI et F. VIDOTTO, *Covariant Loop Quantum Gravity: An elementary introduction to Quantum Gravity and Spinfoam Theory*, Cambridge, Cambridge University Press, 2015, p. 7.

³³ On peut même douter que ce paramètre corresponde toujours au temps des horloges qui lui est le produit de systèmes physiques dynamiques. Voir W.G. UNRUH et R.M. WALD, *Time and the interpretation of canonical quantum gravity*, in *Physical Review D* 40 (1989), n° 8, 2598-2614.

³⁴ D’autres programmes ont existé. Pour un bref survol, voir J. BUTTERFIELD et C. ISHAM, *Spacetime and the philosophical challenge of quantum gravity*, in C. CALLENDER et N. HUGGETT (éd.), *Physics meets philosophy at the Planck scale: Contemporary theories in quantum gravity*, Cambridge, Cambridge University Press, 2001, 33-89.

³⁵ Cette conception assez standard n’est pas soutenue par tous. Pour un remarquable opposant, voir T. MAUDLIN, *Thoroughly Muddled McTaggart Or How to Abuse Gauge Freedom to Generate Metaphysical Monstrosities*, in *Philosophers’ Imprint* 2 (2002), n° 4.

³⁶ Pour une introduction aux aspects philosophiques entourant les théories de jauge, voir A. GUAY, *La symétrie de jauge comme sonde philosophique*, in S. LE BIHAN (éd.), *Précis de philosophie de la physique*, Paris, Vuibert, 2013, 295-308.

³⁷ C. ROVELLI, *Quantum Gravity*, Cambridge, Cambridge University Press, 2004, chap. 1.

L'une des conséquences est que l'espace sera discrétisé. Je laisse ce point de côté car cela ne contribue pas à notre propos. Dans ce contexte, est-ce que la physique est toujours une science des principes intrinsèques de la dynamique ? Je soutiens que oui, mais cela demande, à nouveau, une révision de la notion de changement.

Rappelons que dans l'approche statique, changer est défini comme posséder certaines propriétés différentes à des moments différents. Nous avons vu dans la section précédente que la relativité générale avait déjà réformé cette définition en reformulant le changement comme une variation des propriétés en fonction du champ gravitationnel, représentant de l'espace-temps. La GQBC fait un pas de plus et abandonne la continuité de cette relation fonctionnelle. Le changement, tout changement est représenté dans la théorie par des transitions de probabilités. Cependant, contrairement au cas de la physique quantique usuelle, en GQBC ces transitions sont entre des états qui ne dépendent pas explicitement du temps. Dans cette théorie, l'espace et le temps ne sont pas en arrière-plan. Au mieux, ils caractérisent des relations entre champs dynamiques et sont sur le même pied que toutes les autres variables dynamiques définissant les états. La dynamique est complètement encodée dans ces transitions. Compte tenu d'une certaine interaction (configuration d'espace et de matière), ces transitions nous donne le probabilité d'observer telle ou telle interaction. Ce qui nous amène à reconsidérer ce qu'est un changement :

This does not mean that there is no evolution in the world or that there is no change. It means that evolution and change in the real world are too complicated to be well represented as evolution in a single variable³⁸.

La distinction clef entre variation et changement devient difficile à établir. C'est le moins que l'on puisse affirmer.

V. L'EMERGENCE DU TEMPS ?

Si l'une de ces approches de la gravitation quantique, par exemple la GQBC, était confirmée empiriquement, devrait-on considérer que le temps est une illusion ? Ce ne serait pas la première fois qu'un développement scientifique viendrait bouleverser une catégorie du sens commun ou de la métaphysique, mais dans ce cas on se doit d'être prudent car les conséquences sont très importantes. Si le temps physique n'existe pas, le temps vécu, probablement le produit d'un système physique, le cerveau, n'existe peut-être pas non plus. Le temps vécu joue un rôle clef dans maints débats philosophiques, comme ceux du libre arbitre ou de l'identité personnelle. Que restera-t-il des réponses apportées à une question comme celle de l'identité personnelle si le temps est éliminé ? Compte tenu des enjeux, il nous faut donc analyser si la thèse de l'illusion est la seule plausible.

Si le temps est une illusion, ce n'est pas une illusion comme les autres illusions perceptuelles. Comme le soutient justement John Norton³⁹, les illusions perceptuelles sont au moins en

³⁸ C. ROVELLI et F. VIDOTTO, *Covariant Loop Quantum Gravity: An elementary introduction to Quantum Gravity and Spinfoam Theory*, Cambridge, Cambridge University Press, 2015, p. 50.

³⁹ J. NORTON, *Time Really Passes*, in *Humana. Mente: Journal of Philosophical Studies* 13 (2010) 23-34.

partie contrôlables. Par exemple, les illusions d'attribution de taille à des objets ou d'attribution de mouvement à des objets statiques peuvent être mises en évidence en modifiant le point de vue ou le contexte de mesure. Il ne semble pas que nous puissions faire la même chose pour le temps. Si c'est une illusion, on ne peut pas en sortir ou la mettre en évidence autrement que par la réflexion philosophico-physique. Autre point apporté par Norton, toute la recherche sur les illusions vise à montrer par quel mécanisme elles surgissent. Cette recherche a été particulièrement fructueuse pour mieux comprendre comment la perception visuelle fonctionne. Dans le cas du temps, nous n'avons pas de réponse à cette question du surgissement. En conséquence, si le temps est une illusion, cette dernière ne résulte pas d'une simple erreur. Nous avons clairement l'impression que le temps passe. Les asymétries temporelles de la mémoire, de l'action volontaire, de la thermodynamique... sont apparemment des caractéristiques des phénomènes à notre échelle. Si le temps est une illusion, c'est qu'il ne fait pas partie de l'ontologie du monde et qu'il est la résultante d'une dynamique sans temps. Un peu comme la température qui n'est pas considérée comme une propriété physique à part entière mais comme la résultante de d'autres propriétés (énergie, mouvement...). Bien sûr, le fait que la température entretient une relation de survenance (et non de bijection) avec les propriétés physiques rend son usage fort utile, mais cela n'exclut pas que l'on peut soutenir que la température est fonctionnellement réductible aux véritables propriétés.

Si le temps est une illusion, on pourrait tout de même soutenir que c'est une illusion incontournable et même nécessaire. On peut en effet argumenter que même si la théorie physique ne réfère pas directement au temps, ce dernier est une catégorie nécessaire à la science. Cette approche néo-Kantienne a l'intérêt de prendre toute la pratique scientifique en compte et pas seulement la théorie. En effet, on peut imaginer que tout test empirique nécessite des mesures qui s'organisent dans une dimension temporelle, que ce paramètre réfère ou pas à quelque chose dans le monde⁴⁰. L'appréhension empirique du phénomène, la mesure, nécessiterait quelque chose comme le temps.

Une approche dans le même esprit est de soutenir que la théorie elle-même nécessite la géométrie, qui elle est implicitement un appel au temps et à l'espace⁴¹. S'il est vrai que l'on peut retrouver dans une théorie comme la GQBC un appel a priori à la géométrie, ce que ce recours implique est loin d'être évident. En effet, si une théorie fait appel a priori à des notions géométriques (du genre espace, intervalle ou distance), il n'est pas automatique que ces notions réfèrent à l'espace et au temps. Avec l'avènement de la géométrie non commutative⁴², les notions géométriques ont été redéfinies de telle façon qu'il est de plus en plus difficile d'en avoir une lecture néo-Kantienne. Justement, le recours a priori à des notions géométriques dans la GQBC semble davantage correspondre à des notions de géométrie non commutative. L'argument n'est donc pas complètement convaincant.

⁴⁰ Une approche de ce type a été soutenue par Nicolai Hartmann, voir S. PINNA, *The Philosophy of Quantum Gravity – Lessons from Nicolai Hartmann*, in *European Journal for Philosophy of Science* 5 (2015), n° 3, 279-96.

⁴¹ A. HAGAR et M. HEMMO, *The Primacy of Geometry*, in *Studies in History and Philosophy of Modern Physics* 44 (août 2013), n° 3, 357-64.

⁴² A. CONNES, *Noncommutative Geometry*, San Diego, CA, Academic Press, 1994.

Une autre possibilité philosophique quant au statut du temps est de défendre que bien que ne faisant pas partie de l'ontologie de la théorie, le temps n'est pas illusion, mais émerge dans un sens fort de l'ontologie fondamentale. Il ne s'agirait plus d'une illusion car l'entité qui émerge serait au moins en partie autonome. En effet, l'émergence est une relation empirique entre une base B et un émergent E qui implique *à la fois* que « E est dépendant ou déterminé par B » (DEP) et que « E est nouveau ou autonome par rapport à B » (NOV)⁴³.

Toutes les théories philosophiques de l'émergence tentent de préciser (DEP) et (NOV) de manière à ce qu'elles ne soient pas contradictoires et que l'émergence soit ni impossible, ni omniprésente. La plupart des théories de l'émergence discutées dans le contexte de la philosophie des sciences sont diachroniques, c'est-à-dire que la base précède temporellement l'émergent. L'émergent est un produit historique de la base. Cette approche est intéressante dans la mesure où l'émergence est assimilable à un certain type de processus physique irréductible. Malheureusement, elle est inappropriée à la modélisation de l'émergence du temps lui-même, car elle nécessite que la base engendre diachroniquement l'émergent. L'émergent étant le temps lui-même, le processus d'engendrement devrait donc s'inscrire dans un autre temps. D'où viendrait ce temps ? En l'absence d'hypothèse plausible, il est préférable de ne pas s'engager sur cette voie. Dans le contexte de la philosophie de l'esprit, les théories de l'émergence sont généralement synchroniques, c'est-à-dire que l'émergent est déterminé ou constitué synchroniquement par la base. Il n'est pas historiquement engendré par celle-ci. Cette approche est plus prometteuse, mais malheureusement fait aussi appel à un temps alors que ce dernier est supposé émerger de la relation. En effet, la relation de constitution associe B à E synchroniquement. On peut se demander quel est le rôle du temps dans l'approche synchronique puisque selon ces théories, l'émergence n'est pas en tant que tel un processus physique, une génération ? En fait, il sert essentiellement à coordonner les états de la base avec les états émergents. Sans cette indexation temporelle, on ne saurait pas quel état E particulier est associé à quel état B particulier.

L'histoire de la philosophie a déjà traité un tel problème de coordination. Dans une philosophie dualiste de l'âme et du corps, comment peut-on associer les états d'une âme particulière (entité temporelle mais non spatiale) aux états d'un corps particulier (entités spatio-temporelles) ? Comment une âme est associée à un corps particulier de façon suffisamment coordonnée pour qu'il y ait interaction systématique⁴⁴ ? Notez qu'en général, en philosophie de la nature, les difficultés de coordination entre propriétés de types différents sont résolues par leurs relations à un troisième terme, l'espace-temps. Cette option n'est bien sûr pas disponible dans le cas qui nous occupe. Une unification par la causalité, autre méthode standard, n'est pas disponible car elle mènerait à une forme diachronique de l'émergence.

Une troisième possibilité est de soutenir que ce sont les lois elles-mêmes, la dynamique, qui sont le principe d'unité susceptible de coordonner les propriétés de B à E. Dans cette approche, on n'établit pas les propriétés physiques pour ensuite rechercher les lois qu'elles

⁴³ Pour une présentation plus détaillée de l'émergence en science, voir A. GUAY et O. SARTENAER, *A New Look at Emergence. Or When after Is Different*, in *European Journal for Philosophy of Science* 6 (2016), n° 2, 297-322.

⁴⁴ Pour une version contemporaine de ce problème, voir T. O'CONNOR, *Causality, mind, and free will*, in *Noûs* 34 (2000), n° 14, 105-17.

suivent, plutôt, être une propriété physique c'est être le sujet des lois dynamiques⁴⁵. Une théorie de l'émergence usant de ce principe de coordination prendrait la forme suivante⁴⁶ :

(DEP) La configuration B^I de propriétés non spatio-temporelles constitue nomologiquement la configuration de propriétés spatio-temporelles E^I .

(NOV) E^I n'est pas réductible⁴⁷ à B^I . Il y a nouveauté véritable de E^I par rapport à B^I .

Ceci n'est qu'un cadre. Une théorie de l'émergence devrait spécifier les expressions « constitue nomologiquement » et « réductible ». Une fois la théorie de l'émergence développée, il restera encore à montrer comment une configuration de propriétés en gravitation quantique est associée de manière dynamique/nomologique à un certain espace-temps semi-classique et en quoi cet espace-temps est effectivement une nouveauté⁴⁸.

VI. CONCLUSION

Malgré les apparences, la mise au second plan de la notion du temps ne sonne pas le glas de la physique. Cette dernière demeure l'étude du changement, de la dynamique, même si cette dernière n'est pas associée de la même manière au temps. Les développements récents ont ouvert de nouvelles perspectives pour la philosophie de la nature. Dans quelle mesure le temps est une illusion, est-il émergent ? Toutes ces questions méritent notre attention de philosophes. Certes le débat physique sur le temps est maintenant hautement technique et peut rebuter le philosophe. Nous n'avons cependant pas le luxe d'éviter l'engagement. Les conséquences de la question du temps sur l'identité personnelle et l'anthropologie philosophique en général sont telles que l'on ne peut laisser ce débat aux seuls scientifiques.

Alexandre Guay
Institut supérieur de philosophie
Université catholique de Louvain
Place Cardinal Mercier 14, Bte L3.06.01
Louvain-la-Neuve 1348
Belgique

⁴⁵ On a soutenu récemment que ce principe d'unité est à l'œuvre chez Newton, voir K. BRADING, *Three Principles of Unity in Newton*, in *Studies in History and Philosophy of Science Part A* 44 (2013), n° 3, 408-15.

⁴⁶ Il s'agit ici de la tentative d'établissement d'un cadre ontologique, pas d'une théorie développée.

⁴⁷ Dans un sens épistémologique ou ontologique selon la théorie de l'émergence particulière soutenue.

⁴⁸ Pour une tentative dans ce sens, voir J. BUTTERFIELD et C.J. ISHAM, *On the emergence of time in quantum gravity*, ArXiv:gr-qc/9901024v1, 1999.