

VOYAGER DANS LE TEMPS

Du même auteur

Le Rayonnement diffus cosmologique

(en collab. avec Edgard Gunzig)

Masson, 1995

La Quête de l'unité

(en collab. avec Étienne Klein)

Albin Michel, 1996

Figures du ciel

(en collab. avec Jean-Pierre Luminet)

Seuil-BNF, 1998

Au-delà de l'espace et du temps

Le Pommier, 2003

De l'infini

(en collab. avec Jean-Pierre Luminet)

Dunod, 2005

et Seuil, « Points Sciences », 2009

Les Avatars du vide

Le Pommier, 2005

Une fenêtre sur le ciel

Dialogues d'un astrophysicien et d'un théologien

(en collab. avec Jacques Arnould)

Bayard, 2010

Initiation à la cosmologie

(avec la collab. de Julien Ribassin)

Dunod, 2013

MARC LACHIEZE-REY

VOYAGER DANS LE TEMPS

La physique moderne et la temporalité

ÉDITIONS DU SEUIL
25, bd Romain-Rolland, Paris XIV^e

ISBN 978-2-02-112376-0

© Éditions du Seuil, octobre 2013

Le Code de la propriété intellectuelle interdit les copies ou reproductions destinées à une utilisation collective. Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite par quelque procédé que ce soit, sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants cause, est illicite et constitue une contrefaçon sanctionnée par les articles L. 335-2 et suivants du Code de la propriété intellectuelle.

www.seuil.com

Extrait de la publication

Introduction

Voyager dans le temps, aller dans le futur, modifier le passé...

Fantaisie, science-fiction, science ? La physique peut-elle parler du voyage temporel ?

Voyager, c'est aller d'ici vers ailleurs ; d'un ici spatial vers un ailleurs spatial. Pour un voyage temporel, l'analogue du « ici spatial » devrait être un « maintenant » : le présent. Le passé ou le futur doivent alors constituer des ailleurs temporels. Voyager dans le temps serait donc se rendre vers le futur ou vers le passé.

Cette perspective ne manque pas de nous offrir des horizons nouveaux et séduisants. Le voyage temporel constitue une variante des voyages imaginaires, célestes, utopiques. Le thème a offert un champ illimité à la fantaisie, à la pédagogie, à la critique, à la poésie, à la théologie... La littérature est riche de tels récits où l'aspect temporel, s'il est présent, n'est guère souligné.

Les récits de voyage temporel proprement dit, distingué du voyage imaginaire, où l'originalité de l'aspect temporel est évoquée, débutent en 1895 avec le célèbre roman de Herbert George Wells*, *La Machine à explorer le temps*. Ils sont devenus depuis un thème prolifique de la science-fiction. Ces récits mentionnent les paradoxes susceptibles de surgir. Beaucoup en font même leur sujet principal ; mais les analyses n'ont pas de pertinence scientifique, pour deux raisons.

La première est qu'ils sont en général situés dans la perspective de la physique newtonienne. Or, précisément, la conception rigide du

* Les astérisques renvoient aux notices biographiques en fin d'ouvrage.

temps dans ce cadre ne permet guère de fantaisie. Nous le résumerons plus bas par la formule : « Le voyage temporel exige l'absence du temps. » En second lieu, la plupart d'entre eux font l'économie d'une « condition de consistance », devenue une référence indispensable dans toutes les discussions scientifiques à propos du voyage temporel. De fait – et c'est une autre manière de dire la même chose – l'analyse de ces récits montre une absence de cohérence logique bien souvent due à l'imprécision du langage.

La physique a été bouleversée au début du xx^e siècle par l'arrivée des théories de la relativité einsteinienne. Je défendrai l'idée que l'innovation fondamentale de ces théories est la disparition du temps. Cette disparition peut être vue comme un éclatement : différentes notions telles que simultanéité, chronologie, durées, datations, causalité, constituent ce que l'on peut appeler de manière très générale une temporalité. En physique newtonienne, ces notions présentent entre elles une cohérence qui permet de les considérer comme l'expression d'un temps, le temps universel de Newton*. Ces notions, ou du moins certaines d'entre elles, peuvent exister dans la physique einsteinienne, dont elles constituent la temporalité. Mais elles montrent entre elles des incompatibilités qui interdisent de les synthétiser sous la forme de quelque chose que l'on appellerait un « temps ». Et c'est précisément ce qui ouvre la porte, dans ces théories, à une approche physique de la notion de voyage temporel.

L'un des buts de cet ouvrage est d'analyser la manière dont ces théories permettent de concevoir ce que l'on serait en droit d'appeler ainsi. Les termes eux-mêmes étant peu explicites, voire ambigus, une partie préliminaire du travail consistera à dégager le sens que peut avoir l'expression. Il faudra d'abord s'occuper du cadre newtonien, qui est aussi celui de notre vision intuitive ; puis du cadre einsteinien, où nous verrons comment traiter en termes véritablement physiques des questions temporelles.

Une précision terminologique, avant d'entrer dans le vif du sujet. L'essentiel du contenu de cet ouvrage se situe dans le contexte

des « théories de la relativité ». La terminologie est consacrée, mais peu heureuse. Elle fait référence en effet aux deux théories – relativité restreinte et relativité générale – conçues par Albert Einstein*. Mais elle laisse croire que la notion de relativité est absente de la physique antérieure, celle de Newton et, dans une certaine mesure, de Galilée*. Il n'en est rien puisque ces derniers ont parfaitement dégagé la notion de relativité (des mouvements), même si elle se traduit par une formulation mathématique différente. Il est donc plus correct d'évoquer cette physique comme « einsteinienne » plutôt que « relativiste », et c'est donc ce terme, dans la mesure du possible, que j'emploierai ; d'autant plus que, comme je m'en explique plus loin, je ne distinguerai guère les deux versions – restreinte et générale – de cette théorie.

Le sujet initial de cet ouvrage concernait le voyage temporel. Au fil de l'écriture s'est imposée la nécessité de définir précisément la notion, ce qui fit rapidement apparaître qu'elle est incompatible avec celle de temps, dans l'acception courante. Il fallait donc avant tout se pencher sur la signification du temps, et l'exercice est devenu la composante principale de ce livre.

Nous avons une intuition du temps, qui correspond *grosso modo* à ce que la physique newtonienne qualifie de « temps universel ». Tout à fait compatible avec notre vie courante, elle ne l'est absolument pas avec les expériences et observations du dernier siècle, ce dont rend compte la théorie relativiste einsteinienne.

Il est aujourd'hui bien établi que la notion de temps correspondant à notre intuition, ainsi que celles de temps absolu, de temps universel, sont impossibles à insérer dans une vision cohérente de la nature. Mais pourrait-il exister une notion de temps « affaiblie » qui puisse y prendre place ? On pourrait alors déclarer que le Temps (dans un sens fort, avec une majuscule) doit être éliminé de toute vision du monde, tandis que le temps (dans un sens affaibli, avec une minuscule) peut être conservé. J'ai choisi de ne pas retenir cette option. Il me semble en effet que l'utilisation d'un même terme

(malgré la distinction introduite par l'usage de la majuscule) pour deux notions différentes ne pouvait que prêter à confusion et affaiblir le message. D'autant plus que ce que l'on voudrait appeler temps (minuscule) correspond à une notion bien établie, et opérationnelle, celle de « fonction temporelle ».

Cela me conduit à des affirmations fortes, du genre : « Le temps n'existe pas dans la nature » – à prendre comme un raccourci pour énoncer qu'aucune conception de la nature compatible avec nos observations et expériences ne peut inclure cette notion de Temps. J'ai conscience du caractère choquant de cette déclaration. Mais, il eût été difficile d'élaborer une rédaction lisible impliquant à la fois un temps (ou des temps) qui existe(nt) et un Temps qui n'existe pas. Le lecteur effrayé par une remise en cause aussi radicale pourra pour son usage remplacer « fonction temporelle » par « temps », et rajouter une majuscule au terme « temps », quand il se présente, pour le distinguer du précédent.

Du temps personnel au temps newtonien

Ce besoin, le premier et le plus tyrannique de tous, de tout situer dans un espace et dans un temps.

O.V. de L. MIŁOSZ, *Ars Magna* (épître à Storge),
André Silvaire, 2003

Temps et voyage temporel

Le temps nous échappe.

Tous les penseurs s'y sont frottés et ont exprimé avant tout leur perplexité à son égard, même s'ils n'ont pas manqué d'inventer des formules lapidaires et originales ; chacune dévoile un aspect du temps mais aucune ne le définit.

Le temps existe-t-il vraiment ? Est-il réel, objectif ? Peut-on le considérer comme un objet ou une propriété du monde ? Ou bien n'est-il qu'une représentation du tissu des relations entre les événements que nous percevons, forgée par notre entendement ? L'ontologie du temps reste mystérieuse. Cet ouvrage ne prétendra pas l'élucider, mais dégager quelques éléments que la physique peut apporter pour y réfléchir.

La physique aujourd'hui, c'est en grande partie la théorie de la relativité générale. La plupart des notions reliées à celles d'espace et de temps – nous allons voir qu'il vaut mieux parler d'espace-temps – sont de son ressort. Il est important de spécifier dès à présent que toutes les expériences et observations qui ont été menées jusqu'à

aujourd'hui – et elles sont innombrables – sont en accord avec la vision einsteinienne, celle que proposent les théories relativistes modernes, et que nous décrirons ici. Je soutiendrai que la relativité einsteinienne, c'est avant tout la disparition du temps, et je tenterai de montrer que, dans toutes les innovations, cette vision est lente à s'imposer car elle heurte fortement nos intuitions.

La question du voyage temporel est peut-être une bonne manière d'aborder le sujet et d'examiner le statut des notions temporelles en physique. Elle est réputée soulever des paradoxes. Leur analyse montre qu'ils ne constituent pas d'entorses à la logique, mais qu'ils résultent de mauvaises formulations, de l'emploi de notions inadéquates, en particulier de celle de temps précisément. Le logicien Kurt Gödel*, qui fut l'un des premiers physiciens à avoir abordé cette question, l'avait fait dans l'intention de rendre manifeste l'impossibilité d'existence du temps (voir chapitre 7).

Ce n'est pas demain que la technologie nous proposera une machine temporelle. Mais l'étude des voyages temporels nous offre l'occasion de tester nos idées les plus fondamentales en physique, et même en philosophie, car ces questions se situent à l'interface des deux disciplines. En physique, les questions ont avant tout un aspect technique. Déjà, la simple définition de ce que peut signifier un voyage temporel exige une vigilance particulière quant au vocabulaire : un manque de précision peut occulter l'aspect autocontradictoire caché dans une définition. Nous verrons par exemple que le voyage dans le temps ne peut exister que si le temps lui-même n'existe pas. Restera à examiner sous quelles conditions est possible une situation autorisant un voyage temporel ; puis à évaluer ses conséquences.

La physique einsteinienne heurte notre sens commun et notre intuition, surtout à propos de ces sujets. Mais c'est la seule théorie à offrir dans ce domaine une description des phénomènes naturels conforme à ce que nous observons. Elle n'est donc guère contestée. Cependant, sa portée est souvent minimisée ! De nombreux discours, de nombreux manuels la présentent d'une manière adoucie,

censurée, qui en refuse le message principal : la disparition du temps. Ils recourent à des contorsions de langage qui amènent à parler de « temps qui s'accélère » ou qui ralentit, de durées qui se contractent ou qui se dilatent... autant de bizarreries auxquelles on a du mal à trouver un sens logique et qui nuisent à une véritable compréhension de la théorie. Exactement de la même manière que ceux qui persistent à décrire les expériences de physique quantique en termes de corpuscules localisés sont amenés à des formulations paradoxales, par exemple à déclarer que le corpuscule se trouve à deux endroits à la fois.

Les réflexions sur le temps exigent un vocabulaire précis, une logique stricte – ce que nous essaierons de respecter ici.

Ontologie du temps

Le passage du présent à un autre présent, je ne le pense pas, je n'en suis pas le spectateur, je l'effectue, je suis déjà au présent qui va venir comme mon geste est déjà à son but, je suis moi-même le temps, un temps qui « demeure » et ne « s'écoule » ni ne « change » comme Kant l'a dit dans quelques textes.

Maurice MERLEAU-PONTY,
Phénoménologie de la perception, 1945

Les interrogations à propos du temps ne sont pas nouvelles. Réponses plus ou moins obscures et formules plus ou moins lapidaires ne manquent pas. Question primordiale, à laquelle bien d'autres se ramènent, le temps n'est-il qu'une structure de notre pensée, sans existence objective ? Ou bien fait-il partie d'une réalité objective de la nature ? « La question est embarrassante de savoir si, sans l'âme, le temps existerait ou non », s'interrogeait déjà Aristote*.

En dehors des physiciens, la majorité des penseurs, des philosophes, ne semblent guère favorables au temps objectif : « Par la phénoménologie, on ne peut trouver la moindre miette de temps objectif » (Husserl) ; « Nous sommes le surgissement du temps » (Merleau-Ponty)...

D'un autre côté, Newton a fondé la physique moderne par la déclaration d'existence d'un temps objectif absolu. Notre expérience du temps serait exactement celle de ce temps objectif bien réel, en conformité parfaite avec notre intuition usuelle. Newton a-t-il énoncé une vérité ontologique à propos du temps ? Ou bien a-t-il seulement construit un outil efficace pour les nécessités de la physique, adapté à la description des phénomènes ?

Leibniz voyait le temps de cette manière utilitaire : une façon commode que nous avons de mettre en ordre les événements. Cette conception sous-tend un courant toujours très actuel. Elle avait été reprise par le physicien et logicien Kurt Gödel (mieux connu pour ses travaux sur la complétude et l'indécidabilité en mathématiques). Il a mis beaucoup de conviction à montrer – de la manière la plus explicite possible – l'incompatibilité du temps avec les théories relativistes. Et n'oublions pas qu'il était logicien : « Le temps est le moyen par lequel Dieu a réalisé l'inconcevable que P et non-P soient tous deux vrais, et l'inconcevabilité du temps est l'expression de ce que cette merveille dépasse notre force de compréhension », déclare-t-il.

Une chose semble certaine : nous ne percevons pas le temps mais ses effets. Nous ne devons pas prendre notre expérience du temps pour la réalité du temps. C'est une erreur des plus répandues.

La conscience du temps

Les jours qui précédèrent mon dîner avec M^{me} de Stermaria me furent, non pas délicieux, mais insupportables. C'est qu'en général, plus le temps qui nous sépare de ce que nous nous proposons est court, plus il nous semble long, parce que nous lui appliquons des mesures plus brèves ou simplement parce que nous songeons à le mesurer. La papauté, dit-on, compte par siècles, et peut-être même ne songe pas à compter, parce que son but est à l'infini. Le mien étant seulement à la distance de trois jours, je comptais par secondes.

Marcel PROUST, *À la recherche du temps perdu*

Une chose est certaine : nous vieillissons

Comment ai-je conscience de mon vieillissement ? En me souvenant d'avoir été plus jeune. Et j'anticipe que je serai plus vieux. Ma conscience de vieillir vient de ma conviction d'avoir une vie passée, une vie présente – en ce moment où je pense à mon passé et à mon futur – et une vie future, que j'anticipe.

Ma conscience d'un temps qui passe est un des fondements, sinon le fondement, de mon identité. Mes souvenirs d'il y a vingt-cinq ans sont constitutifs de ma personnalité. Sans eux, je serais quelqu'un de différent. Les liens intrinsèques entre identité, mémoire et perception du temps (causée par la modification de l'état de ma mémoire) sont fondamentaux dans le sens le plus fort du terme.

L'opinion commune interprète ce temps personnel comme la manifestation, le reflet d'un temps extérieur à moi-même, un temps universel global ; même si rien ne me prouve qu'il pourrait être autre chose qu'un temps personnel. L'innovation essentielle des théories einsteiniennes – qui nous occupera tout au long de ces pages – se résume à la constatation, et à l'expression raisonnée, qu'il n'en est pas ainsi. Mais gardons à l'esprit que l'écoulement d'un temps personnel, pour chacun, est un phénomène incontestable et fondamental.

Existence déroulée, objets, événements

L'essence qui définit l'individu est donc une entité qui traverse le temps et se présente seulement sous différents aspects à différents moments. L'Homme vieux et l'Homme jeune sont des apparences distinctes du même être.

Pierre CASSOU-NOGUÈS, *Les Démons de Gödel*, Seuil, 2007

Je suis tout autant celui qui écrit ce livre, dans cet instant ; que celui qui, il y a quelques mois, a pris la décision de l'entreprendre ; que celui qui est l'auteur de cet autre livre il y a quelques années, qui a écouté ce concert avant-hier, qui a accompli cette ascension

l'année dernière. Mon identité ne se réduit pas au bilan de ce que je fais, de ce que je pense en cet instant. Elle englobe tout mon passé, mon présent et mon futur. Ce dernier fera d'ailleurs bientôt partie de mon passé, même si je ne le connais pas. Ma future notice nécrologique inclura peut-être des livres que je n'ai pas encore écrits et dont pourtant la rédaction constituera une part de mon identité. Ce que je suis ne se réduit pas à ce que je suis à tel ou tel moment de mon existence. Ma personne ne s'identifie pas à un état instantané de ma personne : son extension est temporelle tout autant que spatiale.

Je songe à Victor Hugo : vénérable grand-père à barbe blanche ? Ou posant en jeune homme ? Lequel est-il ? Je l'associe à l'ensemble de son œuvre, à l'ensemble du déroulement temporel de son existence. Ni l'homme ni l'écrivain ne se réduisent à une de ces visions datées. Ce qu'il est, précisément, les rassemble toutes (voir le site < <http://www.zonezero.com/magazine/essays/diegotime/time.html> >).

Adoptons ce point de vue, au moins comme un parti pris de lecture ; un parti pris qui facilite la compréhension des théories physiques modernes, et en particulier des questions de voyages temporels. Libre au lecteur de revenir par la suite à une conception plus classique et à un rejet des visions de la physique moderne. Ainsi, je considère que c'est l'entière extension temporelle de mon existence qui constitue mon identité : je suis un être « déroulé dans le temps ». De la même manière, tout objet, tout système physique se conçoit comme l'entière extension temporelle de son existence (de son histoire, pour employer un terme qu'affectionne la physique quantique) : cette table n'est pas « la table aujourd'hui », ou « la table hier », mais la table...

Pour les discussions qui vont suivre, nous adopterons une vision chronogéométrique – c'est-à-dire en termes de propriétés géométriques de l'espace-temps –, en qualifiant cette extension de « ligne d'univers ». Nous verrons plus tard que ce terme possède une signification géométrique bien précise et fondamentale dans le cadre de la géométrie de l'espace-temps. Tout objet, tout système, tout observateur est assimilé

à une ligne d'univers qui représente l'intégralité de son existence. Cette vision s'accorde avec la physique newtonnienne, encore mieux avec la relativité. C'était celle d'Einstein lui-même.

Je désignerai un objet (ou sa ligne d'univers, à laquelle je l'assimile) par une majuscule en caractère gras, **O**. En revanche, l'« objet à un instant t » – que j'écrirai $O(t)$ – désigne un événement de l'histoire de l'objet : par exemple, l'« objet maintenant » ou l'« objet demain ». Mon « moi » synthétise tous les instants de ma vie, tous les événements que j'ai vécus : il est représenté par une juxtaposition ordonnée de points, qui constitue une ligne : ma ligne d'univers, la juxtaposition de tous les événements que j'ai vécus et que je vivrai.

Reste à préciser ce que l'on appelle un *événement*. Un événement, dans le sens le plus usuel, et dans le cadre de la physique newtonnienne, se déroule de manière localisée dans le temps et dans l'espace : un point (ou une très petite région) dans la géométrie de l'espace, un point (ou un court intervalle) sur la ligne du temps. Typiquement, pour le physicien : une rencontre entre deux particules (ou entre deux objets considérés comme ponctuels) ; l'émission d'un photon de lumière (ou de rayonnement) par une source lumineuse ; la réception d'un tel photon par ma rétine (ou par un détecteur) ; ma naissance, chacun de mes anniversaires...

Une première idée de l'espace-temps consiste à rassembler cela dans une vision chronogéométrique : en déclarant qu'un événement est un point d'une entité que l'on baptise « espace-temps ». Ce dernier apparaît alors comme l'ensemble géométrique (ou plutôt chronogéométrique) de tous les événements. L'avantage est que cette définition s'adapte tout aussi bien à la physique newtonnienne qu'aux théories einsteiniennes. Dans ces dernières, c'est la seule pertinente : un événement est représenté par un point dans l'espace-temps ; mais on ne pourra plus lui associer une position spatiale et une date.

Dernière précision, le terme « événement » – tel qu'il est utilisé de manière courante en physique einsteinienne – doit être pris dans une acception élargie : il ne suppose pas qu'il se passe quelque chose d'effectif. Un terme tel qu'« instantiation » ou des expressions telles

qu'« événement virtuel » ou « potentiel » seraient sans doute mieux adaptés, mais j'emploierai l'expression consacrée. Il est possible que rien de remarquable ne se soit produit, sinon la simple persistance de l'objet ou du système physique considéré.

Ainsi, le 1^{er} janvier 2000, à mi-distance entre la Terre et la Lune, il ne s'est rien passé. Mais il aurait pu se passer quelque chose. Et d'ailleurs, un photon du Soleil y a peut-être rencontré une poussière interplanétaire ! En chaque point de l'espace-temps, il ne se passe pas nécessairement quelque chose, mais il pourrait se passer quelque chose. Je qualifie ce point de l'espace-temps – comme tout autre point – d'« événement » : l'espace-temps est l'ensemble de tous les événements.

La physique newtonienne accorde une date unique, comme une étiquette, à tout événement (réel ou virtuel), à chaque point de l'espace-temps : la datation est une fonction dans l'espace-temps. Les théories einsteiniennes assimileront également un événement à un point de l'espace-temps. Mais elles n'offriront plus la possibilité de le repérer de la même manière, par une position spatiale et une position temporelle. Comment alors ? C'est l'objet d'une partie de cet ouvrage.

Moteur et voyage

Le temps est la substance dont je suis fait. Le temps est un fleuve qui m'emporte, mais je suis le fleuve. C'est un tigre qui me dévore, mais je suis le tigre. C'est un feu qui me consume, mais je suis le feu.

Jorge Luis BORGES, *Une nouvelle réfutation du temps*, 1957

Mon existence, la juxtaposition de toutes les étapes de ce voyage, de tous les instants de ma vie, est comme déroulée dans le temps. Je la parcours en vivant un instant, puis le suivant...

Le processus même de mon existence implique ce « voyage temporel forcé », sur lequel je n'ai aucun contrôle : je suis irrémédiablement

transporté du présent vers le futur, mené inexorablement d'un instant à l'instant suivant sans que j'y puisse quoi que ce soit, selon un mode mystérieux qui constitue une propriété fondamentale du temps : le « moteur du temps » me pousse hors de cet instant présent, pour me faire aborder l'instant suivant ; et il transfère cet instant qui vient de passer dans mon futur...

Ne pourrais-je pas me déclarer, de cette manière, « voyageur dans le temps » : une *chronaute* ? À moins que je ne sois ce voyage lui-même ?

Bien entendu, ce n'est pas la conception habituelle de l'expression « voyage temporel ». Mais nous verrons que, voyage temporel ou non, ce voyage forcé est toujours à la base de notre existence. Je voudrais le dénommer « voyage existentiel ». Tout épisode de ma vie, voyage temporel ou non, est un cas particulier de voyage existentiel.

Devenir et présentisme

Avoir du temps et une histoire, c'est avoir un avenir et un passé. Nous n'avons pas de présent. Il nous fuit entre les doigts. C'est dans le présent, cependant, que nous sommes et que nous pouvons avoir passé et avenir.

Emmanuel LÉVINAS, *De l'existence à l'existant*

Ainsi, il n'y a pas de corps solides. Les choses ne sont pas vraiment des choses, ce sont des processus, en devenir. Elles sont semblables au feu, à la flamme qui, même si elle emprunte une certaine forme, est un processus, un courant de matière, un fleuve. Toutes choses sont des flammes : le feu est le matériau même du monde, et la stabilité apparente des choses tient simplement aux lois, aux mesures auxquelles sont soumis les processus. [...] Comment se fait-il qu'une chose puisse changer sans perdre son identité ? Si elle demeure la même, elle ne change pas ; et si elle perd son identité, ce n'est plus cette chose-là qui subit le changement.

Karl POPPER, *Conjectures et réfutations.
Retour aux présocratiques*, 1963

Philosophes et physiciens emploient volontiers le terme « devenir » pour désigner le cours de ce voyage existentiel, souvent qualifié de « cours du temps ». Ils l'opposent à l'« être », qu'ils interprètent comme évoquant une existence « statique », à un instant donné. Cette distinction relève de la terminologie mais soulève des questions ontologiques, notamment le débat entre présentisme et éternalisme.

Ici (dans cet ouvrage), exister n'est pas exister dans le présent ; exister, c'est être tout en devenant. L'existence est indissociable du fait que je ressens un « flux temporel ». Cela n'implique pas pour autant que ce flux temporel ait une origine extérieure ; cela n'implique pas non plus qu'un autre objet ressente un flux temporel de la même manière ; et encore moins le même flux temporel.

La conception newtonienne rapporte le devenir au cours d'un temps universel. C'est sa caractéristique essentielle. La conception einsteinienne, au contraire, considère le devenir comme une propriété individuelle de chaque être, de chaque objet physique : mon devenir n'est pas en relation simple avec le devenir des autres observateurs ou systèmes physiques. Mon devenir est marqué par mon temps propre. Celui d'un autre par son temps propre. Sauf situations particulières, ces deux temps propres n'ont pas de relation directe.

Adoptons encore cette identification de l'existence et du devenir. Sans la voir comme un parti pris ontologique, mais comme une manière commode de considérer ce que dit la physique du temps et du devenir. Deux conceptions s'opposent. Selon le *présentisme*, existe ce qui est présent : l'objet $O(t)$ à l'instant t , puis, plus tard, l'objet $O(t')$ à l'instant t' . Selon l'*éternalisme*, tout ce qui a été, qui est ou qui sera existe pareillement : l'objet O existe dans son intégralité temporelle. Le présentisme nous apparaîtra comme impossible à concilier avec la physique d'aujourd'hui. Pour le voir, analysons d'abord ce que peut être le présent ; les physiques newtonienne et einsteinienne donneront des réponses différentes.



RÉALISATION : PAO ÉDITIONS DU SEUIL
IMPRESSION : CORLET IMPRIMEUR S.A. À CONDÉ-SUR-NOIREAU
DÉPÔT LÉGAL : OCTOBRE 2013, N° 100352 (00000)
– *Imprimé en France* –