

BERGSON ET LA RELATIVITÉ : DE STIMULANTES MÉPRISES¹

Jean-Marc Lévy-Leblond^{2,3}

jean-marc.levy-leblond@univ-cotedazur.fr

Résumé: Cent ans après sa parution, il est possible de lire le livre de Bergson sur la relativité de façon moins polémique qu'à l'époque. La maturation et la stabilisation de la théorie d'Einstein, devenue une composante banale de l'arsenal des physiciens, permettent une évaluation précise des méprises commises par Bergson dans son exégèse, en même temps qu'elles amènent à reconnaître leur intérêt épistémologique. Nous entendons ici réfléchir sur cette lecture bergsonienne de la Relativité einsteinienne.

Mots-clé: Temporalité, Principe de relativité, Einstein, paradoxe des jumeaux, chronogéométrie.

I. Durée et simultanéité, un livre mal né ?

Le premier article, fondateur, d'Albert Einstein sur la théorie de la relativité, date, on le sait, de 1905. S'il est très rapidement lu, compris, accepté et développé par la communauté des physiciens théoriciens dans leur majorité, il s'en faut de beaucoup que la relativité connaisse une fortune publique aussi rapide. Cette reconnaissance de même que la notoriété personnelle d'Einstein ne se développeront — mais avec quelle rapidité et quelle ampleur ! — que dans les

¹ Recebido: 09-01-2023/ Aceito: 07-02-2023/ Publicado on-line: 09-04-2023.

² É professeur emérito da Universidade Nice-Sofia-Antipolis (UNS), Nice, França.

³ ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1981-6339>.

années 1920, sous le double effet de l'appétit pour les idées nouvelles qui caractérise l'immédiat après-guerre et des vérifications expérimentales des prédictions de la relativité générale par Arthur Eddington en 1919. En témoigne éloquentement le véritable déluge d'ouvrages, tant savants que de vulgarisation, qui se produit dans ces années-là.

C'est dans ce contexte qu'Henri Bergson, au faîte de sa renommée, publie en 1922 *Durée et simultanéité*, avec pour sous-titre *À propos de la théorie d'Einstein*. Il y développe une évaluation critique de l'impact de la relativité einsteinienne du point de vue de sa propre philosophie du temps, ou plutôt de la « durée ». L'ouvrage déclenchera d'assez vives polémiques entre Bergson et nombre de physiciens, auxquelles feront écho des Appendices ajoutés aux rééditions de l'ouvrage en 1923 et 1924. Du côté des philosophes, en tout cas de ceux qui s'intéressent à la théorie de la relativité, on peut noter une prudente prise de distance. C'est ainsi qu'Émile Meyerson et Gaston Bachelard, se contenteront, dans leurs ouvrages respectifs, de très brèves et vagues références au livre de Bergson.⁴

Durée et simultanéité sera ensuite repris sans changements jusqu'à une sixième édition en 1931. Le livre finira par acquérir une réputation douteuse, et Bergson ne le laissera plus réimprimer – tout en en reprenant intégralement en 1933 un passage polémique dans une très longue note de *La Pensée et le Mouvant* (2014, pp. 77-81). Après cela, il ne reviendra plus sur la question. *Durée et simultanéité* ne reparaitra qu'en 1968. Cet épisode des relations entre philosophes et physiciens est en général invoqué par les seconds à

⁴ Voir Émile Meyerson, *La Dédution relativiste* (1925) et Gaston Bachelard, *La Valeur inductive de la relativité* (1929).

l'appui des opinions peu flatteuses qu'ils ont souvent des premiers. L'affaire mérite pourtant d'être réexaminée.

Bergson et Einstein

Au printemps 1922, après l'achèvement mais avant la parution de *Durée et simultanéité*, Einstein effectue une visite en France, restée fameuse.⁵ Le 6 avril, il rencontre Bergson lors d'une séance de la Société française de philosophie consacrée à la relativité. Bergson y présente brièvement certaines thèses de son livre (dont aucune édition ne fera allusion à cette confrontation), et Einstein se borne à contester brièvement la distinction bergsonienne entre « temps du philosophe » et « temps du physicien », sans entrer plus avant dans l'argumentation du philosophe – en partie, peut-être, faute d'une connaissance suffisante du français. La discussion tourne court. Reste aujourd'hui dans l'opinion commune l'idée vague d'un dialogue de sourds, où se serait manifestée la double et mutuelle incompétence des deux hommes, Bergson échouant à comprendre la physique du temps relativiste et Einstein se montrant incapable de saisir les subtilités de la conception bergsonienne du temps vécu. Seules quelques allusions d'Einstein au travail de Bergson sont connues, comme cet extrait de son journal de voyage au Japon, en 1922, très peu de temps après sa visite en France :

Hier, j'ai regardé le livre de Bergson sur la relativité et le temps. Il est étrange que seul le temps lui pose problème et pas l'espace. Il me semble avoir plus de talent littéraire que de profondeur psychologique. Il n'est guère scrupuleux quant au traitement objectif des facteurs psychologiques. Mais il semble saisir l'essentiel de la théorie de

⁵ À propos de cette venue d'Einstein en France, voir Biezunski (1995).

la relativité et ne s'y oppose pas. Les philosophes dansent constamment autour de la dichotomie : le réel psychologique et le réel physique, et ne diffèrent que par leurs avis à cet égard. Soit le premier n'apparaît que comme « une pure expérience individuelle », soit le second comme « une pure construction mentale ». Bergson appartient à la seconde espèce mais il objectifie son opinion à sa façon sans même s'en apercevoir.⁶

Un peu plus tard, Einstein sera plus sévère. Dans une lettre de 1923 à son ami Solovine, il écrit : « Bergson, dans son livre sur la théorie de la relativité, s'est complètement planté ; Dieu le lui pardonnera. » (EINSTEIN, 1989, p. 287)⁷ Pour autant, les deux hommes entretiennent à la même époque de fort bonnes relations sur un tout autre plan. En 1922, Einstein est appelé à faire partie de la Commission internationale de coopération intellectuelle de la Société des nations, que préside Bergson. Le physicien en démissionnera en 1930, à cause de « [sa] conviction que la SDN a été, sous le manteau, un instrument docile de la politique de puissance »⁸. Mais Bergson l'invitera instamment à participer aux travaux de l'Institut international de coopération culturelle qui prend le relais de la Commission en 1924. Lors de la réunion du 25 juillet 1924 de l'Institut, Einstein indiquera clairement ne pas vouloir poursuivre la polémique scientifique avec Bergson et les deux hommes resteront en bons termes⁹. Et en 1929, Einstein, de passage à Paris, se rend avec Paul Valéry au chevet de Bergson qui vient de subir une

⁶ Cet extrait du Journal d'Einstein peut être consulté en ligne sur einsteinpapers.press.princeton.edu/vol13-trans/327 (nous traduisons). Une édition récente du *Journal de voyage* a été récemment publiée chez Rivages (2019).

⁷ Le texte original allemand est : « Bergson hat in seinem Buch über Rel. Theorie schwere Böcke geschossen ; Gott wirds ihn verzeihen. »

⁸ Voir à ce propos Danielle Wonsch, « Einstein et la Commission internationale de coopération culturelle », *Revue d'histoire des sciences*, n° 57-2, 2004, p. 509-520.

⁹ Sur les rapports d'Einstein et Bergson dans ce cadre politique, voir Canales (2005 et 2015).

opération. On n'en sait hélas guère sur les éventuelles discussions scientifiques entre eux au cours de ces années. La destruction des archives de Bergson à sa mort, sur sa demande, a peut-être fait disparaître de précieux témoignages de leur confrontation.

Les polémiques autour de *Durée et simultanéité*

La lecture de *Durée et simultanéité* fait clairement apparaître qu'il s'agit moins d'une attaque contre la théorie de la relativité que d'une tentative pour la « récupérer »¹⁰. Après tout, la relativité connaissait depuis 1919 une vogue immense et faisait l'objet d'exégèses sans fin ; on voit mal comment Bergson, sans nul doute le maître du temps philosophique à l'époque, aurait pu ne pas s'en saisir. On pourrait sourire de cette prétention si la position de Bergson révélait une incompréhension aussi grande qu'on le dit couramment. Mais tel n'est pas le cas, et l'ouvrage montre à l'examen attentif, par-delà ses incontestables méprises, nombre de réflexions pertinentes.

Il faut insister sur le fait que Bergson avait passé plusieurs années à réfléchir aux questions que la nouvelle physique posait à la notion de temps et ne s'était pas contenté de les étudier à partir de sources secondaires. Il assista ainsi au congrès de philosophie de Bologne en avril 1911, où il

¹⁰ D'ailleurs, la petite minorité des adversaires de la théorie de la relativité qui subsistait à l'époque dans la communauté scientifique ne tenta guère de s'appuyer sur les analyses de Bergson. On ne résistera pas au plaisir de citer par exemple Henri Bouasse, fort compétent spécialiste de mécanique, d'acoustique et d'hydrodynamique, mais résolument réfractaire à la physique moderne : « La raison de cette gloire, que je crois éphémère, est que la théorie d'Einstein ne rentre pas dans le cadre des théories physiques : c'est une hypothèse métaphysique qui, par-dessus le marché, est incompréhensible, double raison pour justifier son succès. Que M. Bergson, illustre philosophe, soit pour Einstein, est naturel mais indifférent au débat. Il a trop de bon sens pour croire qu'en ces matières son opinion ait la moindre valeur : nous n'irons certes pas lui demander à quoi servent les théories physiques et ce qu'on peut raisonnablement en exiger. » (BOUASSE, 1923)

suivit avec une grande attention la très remarquable intervention de Paul Langevin sur la théorie de la relativité¹¹. Dans les années qui suivent, il lira Hendrik Lorentz et Hermann Minkowski, notamment, et assistera encore au congrès d'Oxford de 1920, où eut lieu une séance consacrée à la théorie de la relativité, présentée entre autres par Eddington et Whitehead.

Le livre suscitera pourtant des critiques incisives de la part de divers physiciens et mathématiciens¹². Bergson tentera d'y répondre dans les Appendices qu'il ajoutera à la deuxième édition de son ouvrage, datant de 1923, ce qui n'éteindra pas la polémique (METZ, 1924 ; D'ABRO, 1927). Force est d'ailleurs de constater que nombre de ces critiques, si elles mettaient en évidence, à juste titre, les incompréhensions de Bergson que nous analyserons plus loin, en profitaient pour disqualifier en tant que telles les interrogations métaphysiques du philosophe¹³. Et si *Durée et simultanéité* contient effectivement des erreurs sérieuses, on y trouve bien des

¹¹ En témoigne la note de Bergson dans les pages qu'il consacre au « voyage en boulet » de Langevin, précurseur du « paradoxe des jumeaux », qui sera discuté plus loin : « Nous saisissons cette occasion de dire que c'est la communication de M. Langevin au Congrès de qui attira jadis notre attention sur les idées d'Einstein. On sait ce que doivent à M. Langevin, à ses travaux et à son enseignement, tous ceux qui s'intéressent à la théorie de la Relativité » (BERGSON, 1968, p. 58).

¹² Voir, par exemple, Becquerel (1923) et Metz (1923). Nous pouvons aussi citer, par exemple, le mathématicien Charles-Jean de La Vallée-Poussin, qui écrit : « L'illustre académicien commet plusieurs erreurs de principe dans l'interprétation de la Relativité restreinte... Malgré toute l'admiration que nous inspire le grand talent de M. Bergson et le respect que nous professons pour son autorité incontestée, il nous est impossible d'accepter quoi que ce soit de ses thèses sur la Relativité », in *Bulletin de l'Académie royale de Belgique* (Classe de Sciences), n° 12, 1923, p. 682. Notons également la fort pertinente recension critique du livre de Bergson par le chanoine thomiste Fernand Renoirte (1924) dans, référence peut-être inattendue, la publication théologique *Revue néoscholastique de philosophie*. Renoirte avait d'ailleurs présenté auparavant une excellente analyse de la théorie de la relativité dans la même revue, p. 267-298.

¹³ Citons par exemple le livre de Gaston Wolf (1928). Dans cette présentation de la relativité, au demeurant fort estimable, l'auteur ne peut se retenir de porter un coup de griffe assez trivial à Bergson (p. 30), qu'il accuse, à propos d'une intéressante réflexion philosophique sur le relatif et l'absolu, de « matagaboliser ».

développements, qui, débordant d'ailleurs le cadre des seules discussions de la relativité einsteinienne, méritent une attention particulière d'un point de vue non seulement métaphysique, mais déjà épistémologique.

Aussi Marie-Antoinette Tonnelat, dans son *Histoire du principe de relativité*, a-t-elle pu conclure que « dans [le] procès qui l'oppose aux Relativistes, sinon à la Relativité, le philosophe nous semble mériter ainsi le bénéfice de fortes circonstances atténuantes. » (TONNELAT, 1971)

On pourra considérer la présente étude comme un témoignage à faire valoir dans un tel procès en révision. La défense devrait au surplus y souligner que les physiciens de l'époque, s'ils avaient dans leur très grande majorité accepté la théorie einsteinienne de la relativité, n'en avaient encore qu'une compréhension conceptuelle imparfaite. D'ailleurs, la plupart des exposés de la théorie de la relativité destinés à un lectorat non spécialisé, parus dans le sillage de la médiation d'Einstein après son prix Nobel dans l'immédiat après-guerre, sont à peu près contemporains de l'ouvrage de Bergson qui, s'il en cite certains, n'a sans doute guère eu le temps de les étudier en détail. Au demeurant, nombre d'entre eux restaient encombrés de lourds développements mathématiques au détriment d'analyses conceptuelles et contenaient de nombreuses formulations et expressions inadéquates, porteuses de beaucoup des incompréhensions que rencontra la nouvelle physique de l'espace-temps jusque dans les milieux scientifiques.

Reste une interrogation lancinante. L'un des premiers à comprendre en profondeur la théorie de la relativité einsteinienne fut Paul Langevin ; il y contribua dès 1906 et l'enseigna dès 1910-1911 au Collège de France. Einstein lui-

même a dit dans son éloge funèbre : « Il me paraît évident que Langevin aurait développé la théorie de la relativité si cela n'avait pas été fait ailleurs ». (EINSTEIN, 1947, p. 13-14)¹⁴

Les fort précoces articles d'exposition écrits par Langevin à destination d'un lectorat non spécialisé restent aujourd'hui sans équivalents par leur clarté et leur modernité conceptuelle (LANGEVIN, 1911, 1922 a, 1922 b). Il y éclaircissait nombre des points sur lesquels, dix ans plus tard, allaient se manifester les incompréhensions de Bergson. Pourquoi donc ce dernier, qui, évidemment, connaissait et fréquentait Langevin, n'a-t-il pas profité de sa lucidité ?

II. Qu'est-ce que la théorie de la relativité ?

Avant que d'évaluer plus précisément les positions défendues par Bergson dans *Durée et simultanéité*, et afin de les éclairer, il nous paraît nécessaire de procéder à une présentation des idées principales de la théorie de la relativité. Précisons que, dans les pages qui suivent, c'est de la relativité dite, abusivement, « restreinte » qu'il sera question, avant que nous ne concluions cette section par quelques mots sur la relativité dite « générale ».

Entrons en matière de façon quelque peu provocatrice en affirmant d'emblée qu'Einstein n'a pas inventé la théorie de la relativité, que d'ailleurs il y en a plusieurs, et que, de plus, ces théories, très mal nommées, s'intéressent à l'absolu beaucoup plus qu'au relatif. On pourrait continuer ainsi et prendre à contre-pied, de façon presque systématique, le

¹⁴ « It appears to me as a foregone conclusion that [Paul Langevin] would have developed the special relativity theory had not that been done elsewhere »

catalogue des idées courantes sur l'origine et la signification de la relativité.

Un principe, des théories

Si Einstein n'a pas inventé *la* théorie de la relativité, il a mis au jour *une* théorie de la relativité, venue remplacer celle, restée implicite car tenue jusqu'alors pour évidente, qui remontait à Galilée et Newton. Il faut en effet distinguer *le principe* de relativité et *les théories* diverses qui peuvent l'exprimer. Ce principe affirme, en termes simples, qu'il existe sur l'univers physique des points de vue équivalents. Par « point de vue », nous entendons ici ce que les physiciens explicitent sous le nom de référentiel ou de repère : un système d'axes de coordonnées auquel sont rapportées les diverses grandeurs physiques. Ces grandeurs en effet sont relatives. La position d'un corps ne peut être définie que par rapport à un autre, sa vitesse également : ni la position, ni la vitesse d'un voyageur avançant dans le couloir d'un train en marche ne sont les mêmes suivant qu'on les rapporte à l'extrémité du dernier wagon ou à celle du quai de la gare. Il est donc nécessaire, lorsqu'on écrit une loi physique, c'est-à-dire une relation entre grandeurs physiques, de bien spécifier le référentiel utilisé, que ce soit par exemple le dernier wagon ou le quai – ou un wagon de n'importe quel autre train.

C'est alors qu'intervient le principe de relativité, pour exprimer l'existence de *référentiels équivalents*, c'est-à-dire de référentiels où les phénomènes physiques ont même allure et les lois physiques même forme. Les grandeurs physiques, on l'a dit, diffèrent de l'un de ces référentiels à un autre, mais les relations qu'elles entretiennent sont les mêmes. Ainsi, si,

dans un certain référentiel, deux grandeurs A et B sont proportionnelles, soit $A = kB$ (où k est une constante), on aura dans un référentiel équivalent la même relation de proportionnalité, $A' = kB'$, avec, c'est le point crucial, la même constante k bien que les valeurs A' et B' dans le second référentiel *a priori* diffèrent des valeurs A et B dans le premier. Bien entendu, deux référentiels arbitraires en général ne sont pas équivalents. S'ils sont animés, l'un par rapport à l'autre, de mouvements quelconques, les lois de la physique y prendront des formes diverses. Par exemple, les lois de la mécanique dans un manège en rotation diffèrent de leur expression à l'arrêt par l'apparition de la fameuse « force centrifuge »¹⁵.

L'importance du principe de relativité vient précisément de son affirmation que, parmi la vaste infinité des référentiels possibles, il en existe certains qui sont équivalents, par exemple, des référentiels simplement décalés dans l'espace : les lois de la physique ont certainement la même expression dans un laboratoire européen et dans un laboratoire japonais. Moins triviale est l'équivalence découverte par Galilée en une page célèbre où il souligne l'identité de description des phénomènes physiques dans la cale d'un bateau quand il est à quai et quand il se déplace à vitesse constante (en grandeur et en direction) (voir GALILÉE, 2000, p. 204-5). C'est cette indifférence au mouvement – uniforme ! – qui constitue le cœur même du principe de relativité, entraînant *ipso facto* l'abolition de l'idée de mouvement absolu. Avec

¹⁵ En effet, un mouvement de rotation, fût-il à vitesse constante, n'est pas un mouvement linéaire uniforme et exige une force accélératrice centripète (il suffit de penser à la fronde où la pierre que l'on fait tourner est retenue par les lanières). Il faut donc, si l'on veut exprimer les lois de la mécanique dans un référentiel tournant, introduire une force « fictive », la fameuse force centrifuge.

Galilée, bien avant Einstein, la théorisation de l'espace et du temps s'éloigne déjà de l'intuition commune.

Cela est encore plus net pour une conséquence immédiate du principe de relativité, assez fondamentale pour recevoir souvent aussi le nom de principe : celui de l'inertie. Il affirme qu'un mobile sur lequel ne s'exerce aucune force se déplace uniformément – et non pas qu'il s'immobilise, comme l'expérience ordinaire le laisserait croire¹⁶. En effet, un corps au repos dans un référentiel (le train) est en mouvement uniforme du point de vue d'un référentiel équivalent (la gare), de sorte que ces deux états de mouvement doivent correspondre à une même caractérisation physique : l'absence de forces.

Reste à donner une expression concrète du principe de relativité, c'est-à-dire une théorie de la relativité qui précise comment sont liées les valeurs – en principe différentes – d'une même grandeur physique dans deux référentiels équivalents. Ces formules de transformation, qui expriment le passage d'un référentiel à l'autre, permettent alors de vérifier que la forme des lois physiques reste bien inchangée lors de ce passage. Les plus fondamentales de ces formules, sinon les plus importantes en pratique, concernent l'espace et le temps. Autrement dit, il faut savoir exprimer les coordonnées spatio-temporelles d'un événement, c'est-à-dire en repérer le lieu et l'instant, dans deux référentiels en mouvement relatif uniforme.

Jusqu'à la fin du XIX^e siècle, on tenait pour acquises les formules évidentes, suivant lesquelles la position d'un

¹⁶ Notons cependant que pour Galilée, c'est le mouvement circulaire uniforme (tel celui de la Terre en rotation sur elle-même) qui constitue le mouvement inertiel (sans force agissante). C'est Descartes puis Huygens qui rectifieront et préciseront le principe d'inertie en identifiant le mouvement inertiel au seul mouvement linéaire uniforme.

certain événement par rapport au référentiel R' (la queue du train) était obtenue en soustrayant à sa position par rapport au référentiel R (le bout du quai) la distance parcourue pendant le temps écoulé depuis le passage du train. Quant à ce temps écoulé, il allait de soi que c'était le même dans les deux référentiels. Dans le cas simple où l'on ne s'intéresse qu'à une dimension spatiale, les coordonnées d'espace et de temps dans deux référentiels en mouvement relatif de vitesse v sont ainsi reliées par les relations, dites « transformations de Galilée » – bien qu'elles n'aient été explicitées que bien plus tard :

$$\begin{cases} x' = x - vt \\ t' = t \end{cases}$$

(où l'on a supposé que les origines spatio-temporelles des deux référentiels coïncident).

Ces formules sont si simples que nul ne s'avisait de les écrire – jusqu'à ce que soit perçue leur caractéristique erronée ! C'est le développement de l'électromagnétisme qui allait les mettre en cause. En effet, la théorie du champ électromagnétique, synthétisée par Maxwell vers 1870, violait la relativité galiléenne en assignant à la lumière une vitesse invariante, ce qui est évidemment absurde du point de vue galiléen où la vitesse d'un mobile dépend toujours du référentiel utilisé. On pouvait cependant s'en tirer encore en supposant que les corps matériels, de par leur constitution électromagnétique, subissaient lors de leurs déplacements dans l'« éther » d'étranges contractions, comme le proposa Hendrik Lorentz : cette modification, subie par les instruments de mesure, en compensant exactement la variation de vitesse de la lumière, aurait

expliqué sa constance observée.

À la fin du XIX^e siècle, la physique s'orientait ainsi vers une étude détaillée des propriétés électromagnétiques de la matière et de l'éther destinée à rendre compte des propriétés apparentes, et paradoxales, de l'espace et du temps. Le grand mérite historique d'Einstein est d'avoir renversé cette démarche. Plutôt que de renoncer au principe de relativité, Einstein montra en 1905 comment le sauvegarder en en modifiant l'expression, illustrant ainsi le fameux adage du prince de Salinas dans *Le Guépard* : « Il faut que tout change pour que rien ne change... » Il proposa, plutôt que de résoudre le problème posé par la divergence de l'électromagnétisme et de la relativité galiléenne, de l'éliminer en renonçant à la seconde. Le principe de relativité pouvait être sauvé, à condition d'en modifier l'expression par une réforme de la théorie galiléenne. Des formules plus sophistiquées permettent en effet d'énoncer l'équivalence des référentiels d'une façon compatible avec la théorie maxwellienne ; elles s'écrivent, en notant c la vitesse de la lumière :

$$\begin{cases} x' = \gamma(x - vt) \\ t' = \gamma(t - vx/c^2) \end{cases}$$

où le facteur γ est défini par

$$\gamma = 1/\sqrt{1 - v^2/c^2} .$$

Einstein n'était pas le premier à écrire ces formules, d'ailleurs aujourd'hui appelées « formules de Lorentz » ; mais

avant lui, elles n'étaient interprétées qu'en un sens phénoménologique, requérant une explication plus profonde à partir de la constitution spécifique de la matière. Einstein, au contraire, tout en les introduisant par une analyse essentiellement opérationnaliste (comment synchroniser des horloges au moyen de signaux lumineux), leur donna une position fondamentale. La physique contemporaine est profondément tributaire de cette innovation.

Notons au demeurant que lorsque la vitesse v est négligeable par rapport à la vitesse de la lumière c , les formules de Galilée peuvent être considérées comme une approximation de celles de Lorentz, ce qui signifie que la relativité einsteinienne est un prolongement de la relativité galiléenne classique et ne la réfute nullement.

Extension du domaine de la relativité

Le caractère principal conféré par Einstein à la théorie de la relativité n'a fait que se renforcer. Au cours du XX^e siècle, en effet, on a dû reconnaître l'existence, à côté des interactions électromagnétiques, d'autres interactions qui régissent les particules fondamentales à très petite échelle. Or, si elles se révèlent des plus complexes, une de leurs caractéristiques jusqu'ici incontestée est d'obéir à la théorie de la relativité einsteinienne. Celle-ci est ainsi vérifiée quotidiennement par les milliers d'expériences conduites sur les particules de haute énergie. Dans ce domaine particulier de la physique, la relativité, loin d'être une théorie ésotérique aux effets élusifs, forme le cadre même de la conception et de l'analyse des expériences. Elle est véritablement matérialisée par le fonctionnement des gigantesques accélérateurs de

particules. Sur le plan théorique, elle sous-tend toutes les tentatives de compréhension du monde subnucléaire. Née dans le cadre de la physique classique, la relativité règne désormais de façon tout aussi contraignante sur les théories quantiques. Décrivant des propriétés générales universelles de l'espace et du temps, arène où se déroulent les phénomènes physiques, elle constitue aujourd'hui, suivant le mot d'Eugene Wigner, une « super-loi » physique : l'invariance relativiste est une condition nécessaire de validité pour toute théorie nouvelle. La théorie de la relativité est donc une véritable géométrie de l'espace-temps, qui régit le travail du physicien avec autant de force que la géométrie spatiale ordinaire régit celui de l'architecte.

Peu de temps après la percée einsteinienne de 1905, Hermann Minkowski, en 1908, puis Hermann Weyl donnèrent à la relativité une formulation mathématique répondant à la conception moderne de la géométrie : la caractérisation d'un espace par l'action d'un certain groupe de transformations. La structure de groupe, sans nul doute l'une des plus importantes de la mathématique, trouve ici un vaste champ d'application. De même que la géométrie usuelle est liée au groupe euclidien (translations et rotations) agissant dans l'espace, la relativité correspond au groupe engendré par les transformations de Lorentz (en sus des rotations et des translations) agissant dans l'espace-temps ; ce groupe est aujourd'hui appelé « groupe de Poincaré », en hommage au grand mathématicien qui avait pressenti son importance. Dans cette conception, l'accent est mis sur les propriétés invariantes. Ce sont elles en effet qui expriment les aspects intrinsèques, absolus, de l'espace étudié. Ainsi, en géométrie ordinaire, la distance entre deux points est un invariant

euclidien (contrairement, par exemple, aux composantes, dans un certain système de coordonnées, du segment joignant ces points). La théorie de la relativité apparaît finalement assez mal dénommée, comme le remarquait déjà Arnold Sommerfeld dès les années 1920, puisque son rôle est finalement de dégager des propriétés physiques invariantes, absolues (indépendantes du référentiel). Du point de vue moderne, il s'agit tout bonnement d'une « chronogéométrie » – terme qui serait sans nul doute plus approprié.

Un point essentiel, dans cette refonte épistémologique de la théorie, est le changement de statut de la constante c : loin de n'être qu'une propriété spécifique d'un agent physique particulier, la lumière, elle devient une constante universelle régissant le cadre spatio-temporel de l'ensemble des phénomènes physiques¹⁷.

La relativité générale

Ce qui précède concerne la théorie générale de l'espace-temps, qui régit, pour autant que nous sachions, l'ensemble des phénomènes physiques (électromagnétiques, nucléaires, etc.). En réfléchissant à la façon de décrire dans ce cadre la gravitation, Einstein fut amené à considérer la possibilité de donner aux équations de la physique une forme valable dans tous les systèmes de référence – et pas seulement dans les référentiels équivalents, en mouvement relatif uniforme. C'est qu'en effet, comme le montre le cas de la chute libre, un corps soumis à un champ de gravitation se comporte comme un corps sur lequel n'agit aucune force, mais envisagé dans un référentiel uniformément accéléré. Sur la base de cette

¹⁷ Je me suis moi-même attardé sur ce problème. Voir Lévy-Leblond (2019, p. 125-149).

équivalence fondamentale, Einstein put construire en 1916 une théorie de la gravitation qu'il dénomma, pour des raisons purement formelles, « relativité générale », réservant le terme de « relativité restreinte » à la théorie, plus générale, de la structure spatio-temporelle. Dans *Durée et simultanéité*, Bergson consacre une « remarque finale » à la « relativité généralisée », dont il faut bien noter qu'elle était alors à peine sortie de l'œuf. Il n'y a donc rien d'étonnant à ce que les quelques pages qu'il y consacre soient relativement absconses.

III. Les méprises de Bergson

Plutôt que de proposer une étude globale de *Durée et simultanéité*, nous allons examiner trois points particuliers mais essentiels de l'argumentation bergsonienne : la définition de la simultanéité, le paradoxe du boulet, la question du temps « réel ».

La simultanéité

L'intervention de Bergson lors de la célèbre réception d'Einstein à la Société Française de Philosophie (BERGSON, 1972, p. 1340-1347) du 6 avril 1922 est essentiellement consacrée à la notion de simultanéité. Sa concision en fait un excellent objet d'analyse pour tenter de comprendre la position du philosophe à l'égard de la théorie de la relativité.

Bergson distingue deux points de vue sur la simultanéité, celui qu'il appelle « intuitif » et celui qu'il dit « relativiste ». Le premier concerne ce que l'on entend « d'ordinaire par simultanéité de deux événements ». Cette simultanéité

est identifiée à la perception instantanée et commune des deux événements :

J'ouvre les yeux pour un moment : j'aperçois deux éclairs instantanés partant de deux points. Je les dis simultanés parce qu'ils sont *un* et *deux* tout à la fois : un, en tant que mon acte d'attention est indivisible, deux en tant que mon attention se répartit cependant entre eux et se dédouble sans se scinder. (BERGSON, 1922, p. 361)

Il est clair que ce qui intéresse Bergson est l'unicité plurielle du phénomène perceptif, ce « mystère de la vie psychologique » (*ibid.*). Qu'il y ait là une réelle question de psychophysologie, cela est vrai, mais ne concerne guère le physicien, qui, lui, s'intéresse aux éclairs, et non à leur perception. Or la simultanéité (au sens indiqué par Bergson ci-dessus) n'implique aucune relation temporelle entre les événements eux-mêmes. Cette relation dépend de la distance des événements au lieu de leur perception (ou de leur observation, si l'on veut utiliser le langage du physicien, moins subjectif), et de la vitesse de propagation des signaux qui transportent l'information sur les événements et permettent leur perception. S'il s'agit de deux signaux de même nature reçus simultanément, le plus lointain est antérieur au plus proche ; mais la situation peut être plus confuse si les signaux sont de nature différente : la simultanéité de la perception visuelle d'un éclair et de la perception auditive du coup de tonnerre d'un autre ne permet aucune conclusion sur leur ordre temporel¹⁸.

Cependant, Bergson ne prend ici nullement en compte

¹⁸ En principe tout au moins, car, en l'occurrence, la valeur considérable du rapport entre la vitesse de la lumière et celle du son ne laisse guère de portée pratique à l'exemple : si le tonnerre d'un coup de foudre A et l'éclair d'un autre, B, sont perçus simultanément, c'est que A a précédé B, à moins que la distance de B ne soit un million de fois plus grande que celle de A.

la vitesse des signaux. Dans un premier temps, il se limite à une simultanéité locale : « La simultanéité, au sens courant du mot, n'est jamais constatable, je le reconnais, qu'entre événements voisins » (*ibid.*, p. 362). Dans ce cas, effectivement, les délais de propagation des signaux peuvent être considérés comme négligeables et la prise en compte de ces délais est inutile. Mais Bergson lève immédiatement cette restriction en ajoutant que

Le sens commun n'hésite pas à étendre [la simultanéité] à des événements aussi éloignés qu'on voudra l'un de l'autre. [...] Un surhomme à vision géante percevrait la simultanéité de deux événements instantanés "énormément éloignés" comme nous percevons celle de deux événements "voisins". (*ibid.*, p. 362)

C'est supposer implicitement que la distance entre le lieu d'un événement et celui de sa perception n'a aucune importance, autrement dit qu'il existe, ou pourrait en principe exister, une « perception instantanée à distance » (comme on dit une « action instantanée à distance »). Cette hypothèse, qui équivaut à celle d'une vitesse de propagation illimitée pour les signaux, est évidemment compatible avec la structure de l'espace-temps newtonien, où, depuis chaque point de l'espace absolu, tous les autres sont instantanément perceptibles – ce qui est d'ailleurs la raison pour laquelle Newton peut considérer l'espace comme co-présent en tous ses points à la connaissance divine (*sensorium Dei*). Il n'en va plus de même pour l'espace-temps einsteinien. La valeur finie de la vitesse de propagation de la lumière n'est pas une simple complication pratique que l'on pourrait éliminer ou compenser par un calcul correctif (comme ce serait le cas en physique newtonienne pour des signaux sonores, par exemple) :

son caractère absolu, en tant que vitesse-limite de propagation de tout objet ou tout signal, en fait un élément structurel des relations entre espace et temps.

Bergson en vient alors au « point de vue relativiste » de la physique :

Maintenant il est incontestable que la simultanéité définie par la théorie de la Relativité est d'un tout autre ordre. Deux événements plus ou moins distants, appartenant à un même système S^{19} , sont dits ici simultanés quand ils s'accomplissent à la même heure, quand ils correspondent à une même indication, donnée par les deux horloges qui se trouvent respectivement à côté d'eux. Or ces horloges ont été réglées l'une sur l'autre par un échange de signaux optiques ou plus généralement électromagnétiques [...]. Mais [pour un observateur intérieur à un autre système S' , en mouvement par rapport à S], des événements qui s'accomplissent dans ce système [S'] ne sont pas simultanés, ils sont successifs. Si l'on prend la simultanéité de ce biais – et c'est ce que fait la théorie de la Relativité – il est clair que la simultanéité n'a rien d'absolu, et que les mêmes événements seront simultanés ou successifs selon le point de vue d'où on les considère. » (*ibid.*, p. 362)

Bergson donne donc acte aux physiciens de la validité de cette définition opérationnelle de la simultanéité au moyen de la synchronisation des horloges, telle qu'Einstein la détaille dans son article de 1905, et en accepte le caractère relatif. Mais, la suite le montre, Bergson tient cette définition pour contingente « parce qu'elle dépend de l'opération par laquelle ces deux horloges ont été réglées l'une sur l'autre »

¹⁹ Pour dissiper tout risque de malentendu, précisons que, dans le texte de Bergson, le mot « système » renvoie sans ambiguïté aucune à la notion de « système de référence » (on dit aussi « repère » ou « référentiel »), et non à celle de « système physique ». Il faut alors noter la curieuse et inadéquate expression de Bergson, quand il évoque « deux événements [...] appartenant à un même système S ». Les événements sont en vérité indépendants du système dans lequel on les repère. Ce sont leurs coordonnées spatio-temporelles qui « appartiennent » au système de référence, et varient si l'on en change. Il faudrait donc dire plutôt : « Deux événements repérés dans le même système S , etc. ».

(*ibid.*, p. 363). Or cette opération, dans la mesure où elle utilise des signaux électromagnétiques qui se propagent à la vitesse-limite (un absolu spatio-temporel), n'est nullement arbitraire, et fournit une procédure intrinsèque. Ce point, certainement tout à fait clair pour Einstein, est souvent mal compris, et prête à une interprétation... relativiste (au sens épistémique) de la relativité, selon laquelle elle résulterait du choix conventionnel d'une certaine méthode de mesure du temps ; d'autres méthodes, par exemple employant d'autres signaux, pourraient conduire à une description théorique différente. C'est, semble-t-il, le point de vue qui était celui de Poincaré²⁰. Pourtant, dès 1908, on l'a vu, Minkowski montrait que la théorie einsteinienne exprime en fait une structure intrinsèque de l'espace-temps, ce qui devrait valoir à cette théorie l'appellation de *chronogéométrie*, beaucoup plus appropriée que celle de relativité. Et bien d'autres auteurs allaient rapidement développer des constructions non opérationnalistes du formalisme de la théorie, qui évitent toute hypothèse sur les procédures de mesure, les techniques de synchronisation des horloges, etc. Malheureusement, aujourd'hui encore, leur point de vue n'a pas été suffisamment compris ni relayé dans les manuels d'enseignement ou les ouvrages de vulgarisation²¹. *A fortiori*, Bergson n'était certainement guère au fait de cette refonte occultée de la théorie.

Après avoir concédé la validité de la définition physique de la simultanéité (mais, on vient de le voir, dans une

²⁰ Indiquons au passage qu'il y aurait long à dire sur le rapport entre les points de vue de Bergson et de Poincaré, bien qu'il existe peu de documentation explicite sur ce point. Comme nous l'avons dit, une des difficultés de l'exégèse du livre de Bergson tient à sa quasi-totale absence de références aux ouvrages et articles qu'il a lus ou aux conversations qu'il a eues sur la théorie de la relativité avant la parution de son livre.

²¹ Voir Lévi-Leblond (2001 ; 2003).

acception assez faible), Bergson entreprend de la soumettre à la sienne propre – c'est le point nodal de sa stratégie rhétorique :

Mais, en posant cette seconde définition de la simultanéité, n'est-on pas obligé d'accepter la première ? N'admet-on pas implicitement celle-ci à côté de l'autre ? Appelons E et E' les deux événements que l'on compare, H et H' les horloges placées respectivement à côté de chacun d'eux. La simultanéité, au second sens du mot, existe quand H et H' marquent la même heure ; et elle est relative parce qu'elle dépend de l'opération par laquelle ces deux horloges ont été réglées l'une sur l'autre. Mais, si telle est bien la simultanéité entre les indications des horloges H et H', en est-il ainsi de la simultanéité entre l'indication de l'horloge H et l'événement E, entre l'indication de l'horloge H' et l'événement E'. Évidemment non. (BERGSON, 1922, p. 363)

Et Bergson de revenir sur ce qu'il considère comme le véritable problème, la perception de la simultanéité entre l'événement et l'indication d'horloge, cet acte qui « indépendamment de tout réglage d'horloge, est *un* ou *deux* à volonté » (*ibid.*, p. 363). Il va même tenter de montrer que cette problématique surplombe et assujettit la simultanéité du physicien, qui, s'il veut être cohérent, ne peut se contenter d'accepter comme allant de soi la simultanéité, même locale, entre un événement E et l'indication d'horloge H qui lui correspond :

Vous me direz que la simultanéité intuitivement constatée entre un événement quelconque et cet événement particulier qu'est une indication d'horloge, est une simultanéité entre événements voisins, très voisins, et que la simultanéité dont vous vous occupez généralement, est celle d'événements éloignés l'un de l'autre. Mais [...] où commence la proximité, où finit l'éloignement ? Des microbes savants, postés respectivement aux points E et H, trouveraient énorme la distance qui les sépare, c'est-à-dire la distance entre l'horloge et

l'événement déclaré par vous « voisin ». Ils construiraient des horloges microbiennes qu'ils synchroniseraient par un échange de signaux optiques. Et quand vous viendriez leur dire que votre œil constate purement et simplement une simultanéité entre [E et H], ils vous répondraient : « Ah non ! Nous n'admettons pas cela. Nous sommes plus einsteiniens que vous, Monsieur Einstein. Il n'y aura simultanéité entre l'événement E et l'indication de votre horloge humaine H, que si nos horloges microbiennes, placées en E et en H, marquent la même heure ; et cette simultanéité pourra être succession pour un observateur extérieur à notre système, elle n'aura rien d'intuitif ou d'absolu. (*ibid.*, p. 363)

Cet argument, par lequel Bergson entend mettre les physiciens en difficulté par rapport à leur propre conception, frôle pourtant le sophisme. Car la distinction entre « proximité » et « éloignement » peut facilement être objectivée, grâce à l'étalon spatio-temporel absolu que constitue la vitesse-limite. Une fois choisie la précision des mesures temporelles souhaitées (et il n'y a pas de physique quantitative valide sans un tel choix de marge de fiabilité), la vitesse-limite transforme cette durée en distance. Supposons, par exemple, que l'on veuille des mesures de temps précises à la microseconde près, temps pendant lequel un signal lumineux parcourt 300 mètres. Alors, deux événements distants de moins de la centaine de mètres seront voisins, et pourront être considérés comme coïncidant dans l'espace, rendant inutile la procédure « microbienne » récursive et apparemment indéfinie par laquelle Bergson entend plonger les physiciens dans l'embarras. Einstein, dans sa trop brève réponse à l'intervention de Bergson, paraît avoir bien perçu ce point, mais son expression est assez maladroite (son français, semble-t-il, n'était pas parfait) et son argument reste implicite :

Primitivement, les individus ont la notion de la simultanéité de perception ; ils purent alors s'entendre entre eux et convenir de quelque chose sur ce qu'ils percevaient [...]. Mais il y a des événements objectifs et, de la simultanéité de la perception, on est passé à celle des événements eux-mêmes. Et, en fait, cette simultanéité n'a pendant longtemps conduit à aucune contradiction à cause de la grande vitesse de propagation de la lumière. (*ibid.*, p. 364)

En réalité, ce qui intéresse Bergson dans la question de la simultanéité, est « [la] correspondance, non pas entre une indication d'horloge et une autre indication d'horloge, mais entre une indication d'horloge et le moment où l'on se trouve [*sic*], l'événement qui s'accomplit, quelque chose enfin qui n'est pas une indication d'horloge » (*ibid.*, p. 363). On peut lui en donner acte, et admettre que la physique évite allègrement toute discussion sur la perception de cette correspondance, et son rapport avec l'intuition. Mais la physique n'est que la physique, et on ne saurait lui reprocher de ne pas fournir une réponse globale aux questions d'où elle part. Bien au contraire, c'est en réduisant son champ d'investigation et son niveau de conceptualisation qu'elle arrive à donner du monde une représentation certainement partielle, mais fiable. Pour elle, un événement n'est pas quelque chose « qui s'accomplit », et elle confond l'événement avec le point d'espace et l'instant du temps où il advient ; un choix terminologique plus précis pour désigner ce « point d'espace-temps », sans référence aucune au phénomène qui s'y produit, aurait peut-être permis d'éviter certaines confusions dans les exégèses philosophiques de la relativité. Que la procédure de décharnement du réel ainsi menée par le physicien soit frustrante pour le philosophe, soit. Mais son efficacité (limitée à son domaine) n'en est que plus remarquable.

Le paradoxe du boulet

L'une des conséquences contre-intuitives de la théorie de la relativité parmi les plus frappantes et les plus connues est ce qu'on appelle couramment le « paradoxe des jumeaux de Langevin »²². Nous discuterons l'argumentation critique de Bergson au sujet de ce qu'il appelle le « paradoxe du boulet », à partir de son article de 1924²³, réponse à une critique d'André Metz à l'égard du traitement de ce problème dans *Durée et simultanéité*. Bergson y est plus concis et donc plus clair que dans son livre, en particulier dans l'Appendice I, ajouté dans la deuxième édition (1923). Voici comment il présente ce paradoxe :

On se rappelle le paradoxe du « voyageur en boulet ». Le physicien Pierre est immobile sur la Terre à côté du canon qui vient de lancer Paul vers une étoile avec une vitesse de 259 807 kilomètres par seconde. Les formules de Lorentz semblent indiquer que Paul, renvoyé de l'étoile à la Terre avec la même vitesse, n'aura vécu que deux ans si, dans l'intervalle, deux cents ans se sont écoulés pour Pierre.²⁴

Nous gratifierons dans la suite Pierre et Paul, dont la

²² Il vaut la peine de noter que, si Langevin a beaucoup fait pour populariser et expliquer le phénomène, il n'a pas été le premier à le mentionner. Cette priorité revient à Einstein lui-même, dans son article fondateur de 1905, comme le montre Peter Pesic (2003). Et ce n'est pas chez Langevin que les jumeaux font leur première apparition. L'histoire des formulations successives du paradoxe, riche de sens, a été traitée avec précision par Elie During (2014).

²³ Il s'agit de « Les temps fictifs et le temps réel », *Revue de philosophie*, XXIV-3, mai 1924, p. 241-260. Ce texte a été repris dans Bergson (1972, pp. 1.432-1.449).

²⁴ On peut se demander pourquoi Bergson éprouve le besoin de donner la vitesse hypothétique du boulet avec une précision tout à fait superfétatoire, d'autant qu'elle ne correspond nullement à la valeur du rapport de 1 à 100 qu'il indique entre les durées respectives du voyage. Pour obtenir un tel rapport, la vitesse du boulet ne devrait différer de celle de la lumière, soit environ 300 000 km/s (très exactement 299 792,458 km/s, mais on ne sait quelle était la valeur admise à l'époque de Bergson), que de 5 cent-millièmes, soit à peu près 15 km/s. Avec la valeur de la vitesse du boulet donnée par Bergson, qui diffère de la vitesse-limite d'environ 13 %, le rapport des durées de voyage serait très proche de 1 à 2. Sans doute Bergson a-t-il confondu deux exemples illustratifs trouvés dans la littérature, sans vérifier ensuite la cohérence numérique de son assertion. Notons d'ailleurs qu'antérieurement, dans son livre, Bergson avait utilisé des valeurs numériques correctes.

symétrie des prénoms rejailit implicitement et négativement sur une bonne compréhension de l'asymétrie de leurs situations, des initiales de leurs noms de famille, en les appelant respectivement Pierre I. (I pour « immobile ») et Paul M. (M pour « mobile »)²⁵.

Avant de discuter les arguments de Bergson et les raisons qu'il avance pour nier cet effet, il convient d'affirmer avec force que le débat sur son existence est désormais clos. Voici plusieurs décennies que les physiciens ont observé sans aucune ambiguïté le phénomène. Il se manifeste par exemple dans des expériences menées sur les muons. Ces particules instables ont une durée de vie moyenne de l'ordre de la microseconde – lorsqu'elles sont au repos ; mais si on leur fait parcourir, dans un accélérateur, des trajectoires circulaires à des vitesses comparables à celles de la lumière, leur durée de vie apparente (c'est-à-dire mesurée dans le référentiel extérieur où elles se déplacent) augmente notablement – et dans les proportions exactes prévues par la théorie. Mais l'observation n'est pas limitée au monde microscopique. Des expériences menées avec des horloges atomiques suffisamment précises ont prouvé qu'une telle horloge, emmenée (par un Paul M.) faire un tour du globe, *via* les lignes aériennes commerciales tout simplement, et ramenée à son point de départ, montre sur sa jumelle restée immobile au sol (aux côtés d'un Pierre I.) un retard conforme aux prédictions²⁶. L'effet est

²⁵ Bien entendu, il faut sous-entendre « immobile » et « mobile » par rapport à Pierre, c'est l'essence même de la notion de relativité qui l'exige.

²⁶ Joseph Hafele et Richard Keating, « Around the world atomic clocks : predicted relativistic time gains », *Science*, n° 177, 1972, p. 166-168, et « Around the world atomic clocks : observed relativistic time gains », *ibid.*, p. 168-170. Cette expérience historique a été refaite depuis avec une précision très supérieure. Notons que l'analyse détaillée de l'expérience doit prendre en compte le fait que l'horloge « immobile » ne l'est pas puisqu'elle est entraînée par la rotation de la Terre ; la situation est celle d'un paradoxe de Langevin généralisé où l'on comparerait les âges de deux voyageurs ayant

d'ailleurs désormais incorporé aux calculs permettant la localisation par GPS.

L'argument immédiat opposé usuellement aux conclusions de la théorie de la relativité einsteinienne sur le paradoxe du boulet repose sur une compréhension erronée de la notion même de relativité – due, en partie, au choix douteux de ce terme. Car, objecte-t-on, si l'on étudie la situation du point de vue de Paul M., il se considère comme immobile, et c'est Pierre I. qui effectue l'aller-retour. C'est donc lui, Pierre I., qui, lors de ses retrouvailles avec Paul M., devrait se retrouver plus jeune, contrairement à la conclusion initiale. Si ce raisonnement est erroné, c'est que la théorie de la relativité n'affirme nullement l'équivalence des points de vue de Pierre I. et de Paul M. Elle n'assure que l'équivalence de systèmes de référence en mouvement relatif uniforme. C'est le fond même du principe de relativité, et déjà dans la conception classique, galiléo-newtonienne, de l'espace-temps. Le demi-tour de Paul M. rend *ipso facto* son propre référentiel inéquivalent à celui de Pierre I., ce qui invalide la prétendue aporie. De fait, ce demi-tour impliquera pour Paul M. un freinage suivi d'une accélération, dont les effets physiques (et même éventuellement physiologiques) seront parfaitement perceptibles, comme tout passager de voiture le sait aujourd'hui. Or Pierre I., de son côté, ne subira aucun effet de ce genre. Ainsi, même si les deux jumeaux sont enfermés dans des cellules étanches et opaques, privés de tout contact extérieur entre le moment de leur séparation et celui de leurs retrouvailles, chacun pourra savoir, au cours de son voyage, s'il a effectué un demi-tour (et est donc parti et revenu) ou

chacun fait un aller-retour à des vitesses différentes.

non (et est donc resté). Le « paradoxe » de Langevin n'en est un qu'au sens strict du mot, celui d'une opposition avec l'opinion commune, et nullement au sens d'une contradiction logique insurmontable.

C'est son incompréhension de cette dissymétrie des situations de Pierre I. et de Paul M. qui amène Bergson à commettre sur le boulet ses « boulettes » les plus difficiles à avaler aujourd'hui. Il interprète le temps vécu par Paul M. comme un temps que Pierre I. lui « attribuerait » :

Mais si l'on examine attentivement les formules de Lorentz, la manière dont elles ont été obtenues, la signification des termes qui les composent, on voit que les deux années de Paul [M.] ne sont que des années attribuées à Paul [M.] par le physicien Pierre [I.]. Le Paul [M.] qui vit dans un temps plus lent que celui de Pierre [I.] est donc un être « fantasmatique » ; c'est la vision que Pierre [I.] se donne de Paul [M.] quand il se conforme à ces règles de perspective que sont les formules de Lorentz. Un Paul [M.] réel, mesurant effectivement le temps réel, serait un Paul [M.] physicien, prenant son boulet pour système de référence et par conséquent l'immobilisant. Il vivrait donc le temps d'un système immobile, c'est-à-dire les deux cents ans que vivait Pierre [I.]

Cela est tout simplement erroné. Si Pierre I., au moyen justement des transformations de Lorentz, se représente le voyage tel que Paul M. l'effectue, il trouvera sans aucun doute que ce voyage qui, pour lui Pierre I., a duré 200 ans aura duré 2 ans pour Paul M. Mais ces 2 ans sont bien la durée qui se sera écoulée pour Paul M. L'« attribution », pour employer le terme problématique utilisé par Bergson, est une évaluation. Que cette évaluation par Pierre I. de la durée écoulée pour Paul M. passe par un calcul indirect fait à partir des mesures effectuées par Pierre I. n'invalide nullement la validité intrinsèque du résultat obtenu. La situation est tout

à fait semblable à celle, commune, du géomètre (mathématicien ou arpenteur) qui veut évaluer la longueur d'un chemin joignant deux points sans pouvoir parcourir lui-même et mesurer directement la distance parcourue ; à partir de mesures des positions des divers points du chemin faites à distance, il pourra, grâce à la méthode cartésienne de la géométrie euclidienne (dont les transformations de Lorentz constituent l'analogie pour la chronogéométrie einsteinienne), calculer la véritable longueur cherchée.

Bergson est ici victime de l'analogie, ou mieux de l'homologie, qu'il croit pouvoir établir entre les transformations de Lorentz et les règles de la perspective. On le voit clairement dans l'argument bergsonien suivant :

Bref, Pierre [I.] et Paul [M.] sont comparables à deux personnages de taille normale qui se voient réciproquement diminués par la distance. Chacun des deux se dégrade en nain dans la représentation de l'autre. Personne n'en conclura que l'un ou l'autre soit effectivement devenu nain ; le nain est « fantasmatique » ; c'est l'homme à dimension normale qui est réel.

Mais que la dimension apparente d'un personnage qui s'éloigne diminue n'a rien à voir avec les effets de la transformation de Lorentz sur les mesures spatio-temporelles. C'est que l'évaluation de la taille, disons de Paul M., par l'angle visuel qu'il sous-tend pour Pierre I. est une *mauvaise* mesure, dont chacun sait qu'elle ne donne pas le bon résultat ! On remarque d'abord qu'elle ne permet aucune comparaison, puisque Pierre I. ne peut évidemment estimer sa propre taille par ce procédé. Et si Pierre I. mesure la taille de Paul M., comme le font les géomètres-arpenteurs, en utilisant une lunette pour viser à l'horizontale la tête de Paul M. et en

repérant la hauteur de la lunette sur une toise verticale, il trouvera la taille réelle de Paul M., à quelque distance qu'il soit.

En vérité, plutôt que comme des règles de perspective, les transformations de Lorentz doivent s'interpréter comme des règles de correction de la parallaxe. Reprenons la comparaison avec la géométrie euclidienne sous une forme un peu différente. Si nous voulons mesurer la longueur d'un bâtonnet à l'aide d'une règle graduée, nous savons bien qu'il est nécessaire de disposer la règle parallèlement au bâtonnet, dont nous obtiendrons ainsi la longueur « propre ». Dans le cas où cela n'est pas possible – mettons que le bâtonnet se trouve derrière une vitre infranchissable –, et où nous pouvons uniquement observer la projection des extrémités du bâtonnet sur la règle, nous savons bien aussi que la distance entre ces projections sera plus petite que la longueur réelle : nous aurons mesuré une longueur « impropre » – c'est l'effet de parallaxe. Mais si nous connaissons la valeur de l'angle entre les directions du bâtonnet et de la règle, nous pourrions évaluer la correction nécessaire (un simple cosinus) et en déduire la valeur réelle de la longueur ; une telle mesure indirecte se généralise d'ailleurs à toute courbe. De même, lorsque certains phénomènes se déroulant en un lieu donné d'un certain système sont observés depuis un autre en mouvement uniforme par rapport au premier, de semblables effets de parallaxe, mais cette fois affectant les dimensions temporelles aussi bien que spatiales, rendent les valeurs mesurées (impropres) différentes de leurs valeurs réelles (propres). Les transformations de Lorentz permettent alors de remonter des premières aux secondes.

Bergson croit enfin asséner le coup de grâce en

affirmant ce qui suit :

M. André Metz fait remarquer que le système de Pierre [I.] est un « système de Galilée », et qu'il n'en est pas de même du système de Paul [M.]. Mais si nous partons de là, et notons, avec M. Metz encore, que les formules de Lorentz ne sont applicables qu'à des systèmes de Galilée, nous en concluons tout bonnement que le paradoxe du voyage en boulet est inexistant, que Paul [M.] ne reviendra pas, vieilli de deux ans auprès d'un Pierre [I.] vieilli de deux cents ans, pour la raison très simple qu'un voyageur relevant des formules de Lorentz est incapable de revenir en arrière. Telle est en effet la conclusion qui s'impose en droit strict. L'univers de la Relativité restreinte est un univers théorique, où il n'y a pas, voisinant ensemble, des systèmes qui sont « de Galilée » et d'autres qui ne le sont pas : tous sont en translation uniforme, et Paul [M.], une fois qu'il a quitté Pierre [I.], est parti pour toujours.

Malheureusement pour Bergson, le paralogisme qu'il pense détecter chez Metz résulte d'une formulation malheureuse de ce dernier, et ne permet nullement de prendre en défaut la théorie elle-même. En effet, l'assertion selon laquelle « les formules de Lorentz ne sont applicables qu'à des systèmes de Galilée [c'est-à-dire en mouvement relatif uniforme] » est ambiguë. Certes, deux systèmes ne sont équivalents que s'ils sont en mouvement relatif uniforme et les transformations de Lorentz qui les relie expriment cette équivalence même. Mais il ne faudrait pas en tirer la conclusion que la théorie de la relativité ne peut prendre en compte que des mouvements uniformes et doit s'interdire l'étude de mouvements accélérés. Cette idée erronée a pourtant été entretenue longtemps par nombre de physiciens et est à l'origine d'une importante littérature affirmant l'impossibilité de résoudre le paradoxe des jumeaux dans le cadre de la relativité stricte (dite souvent « restreinte »), et conduisant à traiter

le problème dans le cadre de la « relativité générale ». Si un tel recours est nécessaire dès lors que des forces de gravitation viennent compliquer le problème (ce qui, en toute rigueur, est le cas si l'on veut par exemple traiter le transport d'horloges autour de la Terre et donc dans un champ de pesanteur variable), il n'introduit que des complexités techniques inutiles dans le cas élémentaire où l'on néglige l'effet de ces forces. Il n'est pas plus incohérent de traiter un mouvement accéléré en relativité restreinte que d'analyser des lignes courbes en géométrie euclidienne²⁷. Certes, celle-ci n'affirme l'équivalence que de lignes droites de directions différentes (autrement dit l'invariance par rotation). Pour autant, on peut légitimement calculer, en géométrie, la longueur de lignes courbes ou brisées. L'affirmation que la distance entre deux points n'est pas la même suivant qu'on les joint en ligne droite ou suivant un chemin coudé ou courbé est alors l'exact homologue de l'assertion selon laquelle la durée qui s'écoule entre la séparation et les retrouvailles des jumeaux dépend pour chacun du trajet spatio-temporel qu'il a parcouru. D'ailleurs, le Paul M. « réel » et « physicien », évaluant grâce à ses mesures effectuées sur le mouvement apparent de Pierre I. la durée du voyage pour ce dernier, ne fera *pas* le même calcul que lui. Conscient qu'il sera de ne *pas* être dans un système inertiel, il saura tenir compte de son mouvement accéléré et aboutira bien ainsi à conclure que Pierre I. aura vieilli de 200 ans lors de leurs retrouvailles après les 2 années qu'aura duré pour lui, Paul M., la

²⁷ Le mouvement de Paul M. retournant à son point de départ est nécessairement accéléré. Mais la valeur de cette accélération n'intervient nullement dans le calcul des durées respectives du voyage pour Paul M. et Pierre I., qui dépend essentiellement de la valeur moyenne de la vitesse du voyage. On peut d'ailleurs rendre les accélérations subies par Paul M. aussi faibles que l'on veut (en allongeant la durée du voyage) sans modifier les rapports des durées relatives.

séparation.

Encore faut-il prendre garde à la formulation. Comparant les 2 ans du voyage de Paul M. aux 200 ans de l'attente de Pierre I., on dit souvent que le temps de Paul M. s'écoule plus lentement que celui de Pierre I. Ou, plus généralement, que le mouvement ralentit le temps. C'est là une façon de s'exprimer tout à fait inappropriée, et dont on comprend que Bergson ait eu du mal à l'accepter. La perception de la durée par l'un et par l'autre, leur sentiment quant au passage du temps, est exactement la même. De même, en géométrie euclidienne, la mesure des longueurs le long d'un segment rectiligne ou d'une courbe utilise les mêmes unités : un mètre a la même longueur sur le segment qui joint deux points que sur tout autre chemin. Cela n'empêche pas la longueur totale d'être différente pour l'un et l'autre trajet. N'en déplaise à bien des textes de vulgarisation, en chronogéométrie einsteinienne, une horloge mobile ne ralentit pas plus qu'en géométrie euclidienne un mètre oblique ne raccourcit ! Insistons-y : Pierre I. et Paul M. voient leurs montres respectives fonctionner de façon parfaitement normale, et éprouvent tous deux de la même façon le passage du temps à chaque instant de leurs vies. Ce n'est donc nullement leurs perceptions respectives du flux temporel qui leur permettront de savoir lequel des deux effectue l'aller-retour (seule une mesure d'accélération leur fournira cette indication). Pour autant, cela n'implique en aucun cas que le temps écoulé total entre leur séparation et leurs retrouvailles soit le même pour l'un et l'autre. On pourrait d'ailleurs imaginer que Pierre I., plutôt que de calculer la durée du voyage pour Paul M., observe directement, à travers un télescope suffisamment puissant, l'horloge de bord du boulet et voie « en vrai » comment

le temps passe pour Paul M. Il est hors de doute qu'il verra l'horloge de Paul M. marcher plus lentement que la sienne, et son calendrier n'avancer que de 2 ans pendant les 200 années qui s'écoulent pour lui. Paul M. n'aura, lui, aucun sentiment de ralentissement du temps, mais, s'il observe à distance l'horloge de Pierre I., la verra galoper²⁸. Chacun ayant suivi de loin la marche du temps de l'autre, ils n'auront aucune surprise à l'arrivée.

On ne saurait reprocher ici à Bergson de faire écho à un malentendu longtemps partagé par certains physiciens eux-mêmes. Mais force est de constater que son contre-argument fait long feu.

Le temps « réel » et les autres

Il est au fond assez frustrant de constater que Bergson a effectué un effort considérable visant à assimiler la relativité einsteinienne pour échouer, mais de peu, à la maîtriser pleinement. Nombre de philosophes se sont contentés d'approches de deuxième main, faisant confiance, et souvent indûment, à des exposés déjà vulgarisés. Bergson, comme d'ailleurs, avec des perspectives différentes, Bachelard, n'a pas hésité à se colleter avec la formulation mathématique de la théorie d'Einstein, et à se pencher sur sa conceptualisation formelle.

28. L'observation se faisant grâce à des signaux lumineux (ou tout autre signal électromagnétique), il faut encore tenir compte de sa vitesse de propagation finie pour en comprendre les résultats détaillés, assez surprenants. Ainsi, Pierre I. n'observera le calendrier de Paul M. passer le cap de sa première année et atteindre le moment du demi-tour qu'au bout des 200 années de son attente moins environ deux jours. C'est dans ses deux dernières journées que Pierre I. verra sur le calendrier de Paul M. passer toute la seconde année. Réciproquement, si Paul M. observe Pierre I., il verra au bout de sa première année le calendrier de Pierre I. n'avoir avancé que de deux jours. Dans la seconde année de Paul M., au contraire, ce sont les 200 années moins ces deux jours qu'il verra défiler sur le calendrier de Pierre I.

L'échec de Bergson ne proviendrait-il pas de ce qu'il a voulu à tout prix réconcilier la théorie de la relativité avec sa propre philosophie du temps, craignant un conflit qui, finalement, n'existe pas, et se livrant à une gesticulation défensive ou récupératrice devant un adversaire fantasmé ? Certes, Bergson donne acte à Einstein de la validité de la théorie physique de la relativité. Mais c'est pour tenter aussitôt d'assujettir cette théorie à sa philosophie, alors qu'il aurait sans doute été plus adéquat de la tenir à distance et d'affirmer l'indépendance (au moins relative...) du philosophe à l'égard du physicien.

Pour Bergson, le temps « réel » est le temps vécu, celui de la durée perçue. Seul est « réel » donc, pour un physicien (Pierre ou Paul), son temps, celui qu'il vit. Le principe de relativité (lui-même assez mal nommé, comme Einstein en convenait dès cette époque) affirme la symétrie absolue entre deux observateurs en mouvement relatif uniforme. Mais Bergson, à très juste titre, souligne que cette symétrie n'implique en rien l'équivalence entre la perception temporelle que l'un des observateurs a de lui-même et *celle qu'il a de l'autre*. Pour chaque observateur, il existe bien une perception privilégiée du temps, de *son* temps. Ces temps « propres », cependant, sont équivalents pour deux observateurs en mouvement relatif uniforme, ce que nous garantit la théorie, et cette équivalence des temps « subjectifs » paraît à Bergson confirmer sa notion d'un temps universel. Mais il veut trop bien faire, et quand il insiste sur la différence entre le temps de Pierre I. et celui qu'il « attribue » à Paul M., pour affirmer à l'inverse l'identité entre le temps « réel » de (vécu par) Pierre I. et celui de (vécu par) Paul M., il se trompe sur

ce temps « attribué », qui se trouve en fait coïncider avec le temps « réel » de Paul M. S'il est vrai que Pierre I. l'évalue indirectement alors que Paul M. le mesure directement, la cohérence même de la théorie repose sur l'égalité de leurs résultats.

En vérité, l'insistance de Bergson sur le « temps perçu », qu'il considère comme seul « réel », et le primat ainsi accordé au temps psychologique, l'amène à une méprise récurrente tout au long de l'ouvrage, lorsqu'il considère comme « fictifs » les temps qu'il appelle « attribués » par un physicien à l'autre. Or ces temps seraient bien ceux que mesureraient effectivement l'un des physiciens dans son système, avec ses horloges, s'il observait ce qui se passe pour l'autre physicien dans son (autre) système. Privilégiant même une forme particulière de perception, à savoir la vue, Bergson affirme que « quiconque veut penser en termes de Relativité doit commencer par éliminer le tactile, ou par le transposer en visuel », ce qui fait bon marché des effets mécaniques parfaitement perceptibles qu'implique la dynamique einsteinienne. Le subjectivisme de Bergson l'amène même à écrire que « la théorie de la Relativité exige que le physicien s'installe dans un des systèmes qu'il se donne », et tienne donc pour fantasmatiques ceux qui occuperaient des systèmes différents. On frôle ici le solipsisme, qui, de fait, justifierait pleinement l'affirmation par Bergson d'un « Temps unique », aussi unique donc que celui, seul, qui le percevrait...

Il y a finalement un paradoxe majeur au cœur de l'entreprise bergsonienne dans *Durée et simultanéité*. C'est que Bergson a, en un sens qui malheureusement lui échappe, parfaitement raison quand il se refuse à croire que « Paul M. vit dans un Temps plus lent que Pierre I. », et quand il récuse la

notion de « temps multiples ». Comme nous l'avons indiqué, le temps propre de chaque observateur, quel que soit son mouvement, s'écoule de la même façon, « au même rythme », dirait Bergson : aucun ne perçoit d'altération dans les battements de son cœur ou le tic-tac de son horloge. De ce point de vue, la durée, telle qu'elle est vécue par chacun, est effectivement unique, ou, mieux encore, universelle. Eût-il mieux assimilé la notion de temps propre que Bergson n'eût pas éprouvé le besoin de consacrer tant de pages laborieuses, grevées de regrettables erreurs, à tenter inutilement de le démontrer. On peut imaginer que dans les dernières années de sa vie, en refusant la réédition de ce livre, il avait pris conscience de cette douloureuse ironie.

IV. Après tout...

Bergson a sans doute perçu le caractère inadéquat de certaines des formulations proposées par les physiciens eux-mêmes, et n'a eu que le tort de les prendre au sérieux. Car la plupart des exposés de la relativité disponibles à l'époque étaient loin d'avoir passé le cap de cette « refonte épistémologique » dont Bachelard a bien montré la nécessité pour toute théorie nouvelle. Les articles et livres sur lesquels a dû s'appuyer Bergson présentent la théorie avec des expressions souvent inadéquates dont beaucoup – mais pas toutes ! – ont disparu depuis. Ce sont les physiciens qui parlent (on aimerait pouvoir écrire : qui parlaient) de « contraction des longueurs » et de « dilatation des temps », laissant croire à un phénomène physique effectif là où il ne s'agit que de modification des apparences, d'effets de parallaxe, provoquant ainsi chez Bergson une réaction fort saine, même si

finalement mal dirigée et dépassant sa cible. Pour être juste, il faut reconnaître que Metz lui-même, avec qui Bergson polémiquait, reconnaissait en 1924 cette inadéquation terminologique, voire conceptuelle :

Il n'existe malheureusement pas encore de grand ouvrage philosophique sur la relativité, et le langage des physiciens ne se prête nullement à une discussion de ce point de vue. Ni les mémoires originaux, ni les grands traités, ni les opuscules de vulgarisation ne sont écrits dans un langage correct au point de vue philosophique, parce qu'ils n'ont jamais eu la prétention de l'être. Il est donc au moins imprudent d'attaquer des œuvres sur des phrases qui peuvent être mal comprises.²⁹

L'autocritique est louable, même si elle constitue ici une façon quelque peu perverse d'évacuer le débat. En tout cas, pour Bergson qui s'intéresse à la métaphysique plus qu'à la physique du temps, la relativité ne fournit effectivement qu'une approche incomplète du problème. Mais il ne paraît guère fructueux de tenter de récupérer à toute force les concepts de la physique dans le giron de la connaissance commune, comme l'espère manifestement Bergson quand il écrit :

Il reste à chercher jusqu'à quel point [la théorie de la Relativité] renonce à l'intuition et jusqu'à quel point elle y demeure attachée. [...] En faisant ce travail [...], on s'apercevra, je crois, que la théorie de la Relativité n'a rien d'incompatible avec les idées du sens commun.

On préférera, à cet égard, la conception de Bachelard, insistant sur la rupture entre connaissance commune et savoir scientifique – en ajoutant, peut-être, que ni l'intuition, ni le sens commun ne sont des notions absolues, et qu'elles

²⁹ André Metz, projet d'article cité par Albert Einstein (EINSTEIN, 1989, p. 211, note 26).

peuvent évoluer, précisément sous l'impact de nouvelles idées théoriques et de nouvelles expériences pratiques. C'est certainement le cas pour les physiciens eux-mêmes qui ont, en un siècle, développé des formes intuitives originales de compréhension de l'espace-temps einsteinien. Savoir si cette heuristique spécialisée peut être partagée avec les profanes et devenir véritablement commune est un problème encore non résolu.

Il demeure que l'on peut suivre Bergson dans sa conclusion : « [...] une fois admise la théorie de la Relativité en tant que théorie physique, tout n'est pas fini. Il reste à déterminer la signification philosophique des concepts qu'elle introduit. »

De ce point de vue, la réponse d'Einstein est quelque peu frustrante, et frôle la fin de non-recevoir. Il commence : « La question se pose ainsi : le temps du philosophe est-il le même que celui du physicien ? », pour conclure qu'« il n'y a donc pas un temps des philosophes ; il n'y a qu'un temps psychologique différent du temps des physiciens ». Bien des années plus tard, Einstein montrera d'ailleurs le peu de cas qu'il faisait de ce « temps psychologique ». En mars 1955, il apprend la mort de son ami de jeunesse Michele Besso, moins d'un mois avant sa propre disparition. Dans la lettre qu'il adresse au fils et à la sœur de son ami, il écrit :

Voici qu'il [Besso] m'a de nouveau précédé de peu en quittant ce monde étrange. Cela ne signifie rien. Pour nous, physiciens croyants, cette séparation entre passé, présent et avenir ne garde que la valeur d'une illusion, si tenace soit-elle. (EINSTEIN, 1972, p. 539)

On imagine volontiers la réaction de stupéfaction qu'aurait pu avoir Bergson devant une telle assertion. Sans

vouloir attacher une trop grande importance à cette curieuse formule de condoléances (au demeurant difficile à justifier même du point de vue de la physique³⁰), qui est sans doute aussi une forme d'auto-persuasion pour un Einstein au seuil de la mort, elle révèle néanmoins comment la « croyance » en la physique lui a servi de recours et de protection contre les tourments de la temporalité humaine ; Einstein a d'ailleurs souvent reconnu son sentiment d'éloignement par rapport aux êtres même les plus proches de lui. Il avouait ainsi en 1945 dans une lettre au romancier Hermann Broch : « [Votre] livre me montre clairement ce que j'ai fui en me vendant corps et âme à la science : j'ai fui le JE et le NOUS pour le IL du *il y a*. »³¹.

En définitive, si Bergson a en large part échoué à remplir son programme, l'énoncé même de ce programme garde toute sa valeur, y compris dans sa subtile insolence à l'égard des physiciens et même du plus connu d'entre eux :

... la question posée par le philosophe et non plus par le physicien [...] est de savoir ce qui pourrait être perçu et ce qui est condamné à rester conçu ; ce qui est temps attribué, temps auxiliaire, temps irréel. Il est fort possible que des physiciens relativistes, ayant contribué à développer et même à créer la théorie de la Relativité, aient de la peine à admettre cette distinction ; on peut être un physicien éminent et ne pas s'être exercé au maniement des idées philosophiques ;

³⁰ Einstein fait certainement allusion ici à la formalisation minkowskienne de l'espace-temps comme un espace pseudo-euclidien quadridimensionnel. Dans ce cadre, toute l'histoire individuelle d'un objet physique est donnée dans son ensemble par sa ligne d'univers, et l'écoulement du temps est gommé par ce point de vue *sub specie æternitatis*. Encore faut-il, pour mettre en œuvre cette représentation (au demeurant utile et féconde), se placer par la pensée en-dehors de l'espace-temps. Bergson aurait eu beau jeu de voir là un exemple particulièrement frappant de la « spatialisation du temps » par les physiciens, sur laquelle il a fortement attiré leur attention. Et, de toute façon, reste à comprendre la difficile question de l'irréversibilité temporelle, qui échappe à la seule chronogéométrie – mais impose, même au « physicien croyant » (il faut bien sûr entendre « croyant en la physique »), de s'intéresser à la différence entre passé et futur.

³¹ Disponible en ligne : alberteinstein.info/vufind1/Record/EAR000015361.

la philosophie, comme le reste, a besoin de s'apprendre.

Laissons le dernier mot à Édouard Le Roy, qui fut le disciple de Bergson puis son successeur au Collège de France (et plus tard à l'Académie française), et qui publia dès 1937 un article remarquable et trop oublié sur les paradoxes de la relativité (LE ROY, 1937). Il y montre une compréhension profonde et moderne de la théorie, en donnant une formalisation mathématique elle aussi fort moderne, allant au-delà de ses présentations usuelles souvent, on l'a dit, insatisfaisantes³². Le Roy évalue « les vues de M. Bergson » avec précision :

Sans doute M. Bergson s'est-il trop strictement limité, pour établir un critère du réel, aux seules perspectives de la notion empiriste et sensible. Par contre, les physiciens n'ont généralement pas distingué avec une rigueur assez claire les deux notions l'une de l'autre. Les remarques développées jusqu'ici viennent de mettre en évidence qu'au lieu d'invoquer seulement des effets de perspective en rapport exclusif avec la notion psychologique de réel, mieux vaut leur substituer un appel à quelque rencontre des deux critères de réalité. Nous pouvons entrevoir ainsi, d'ores et déjà, un principe de probable synthèse conciliatrice entre les vues de M. Bergson et celles des physiciens. Mais nous ne faisons encore que l'entrevoir. Il faut insister davantage là-dessus et serrer de plus près la discussion des problèmes. (LE ROY, 1937, p. 199)

C'est en tout cas dans cette perspective que le présent essai s'est inscrit.

³² Le Roy exprime ainsi les transformations de Lorentz en trigonométrie hyperbolique et introduit explicitement la notion de « rapidité » qui dissipe bien des paradoxes liés à la notion de vitesse. Il montre aussi le caractère redondant de l'hypothèse d'invariance de vitesse de la lumière.

Ce m'est un plaisir que de remercier Paul-Antoine Miquel qui m'a proposé ce travail et y a contribué par d'éclairantes remarques. Ma gratitude va également à Françoise Balibar, Jimena Canales, Elie During, Étienne Klein, Bernard Maitte, Paul-Antoine Miquel, John Stachel, pour divers échanges qui m'ont permis d'améliorer cette étude. Il me reste à souligner que la présente édition critique de *Durée et simultanéité* n'a aucune prétention à en donner une exégèse totale. Elle privilégie délibérément le point de vue scientifique et ne saurait remplacer d'autres présentations qui font une plus large place aux liens de cet ouvrage avec la philosophie bergsonienne en général, au premier chef l'édition de ce livre par Elie During (PUF, 2009).

Abstract: One hundred years after its publication, it is possible to read *Duration and Simultaneity* in a less polemical way than at the time. The maturation and stabilization of Einstein's theory, which has become a commonplace component of the arsenal of physicists, allows a precise evaluation of the mistakes made by Bergson in his exegesis, at the same time as they lead to recognition of their epistemological interest. Here we intend to reflect on this Bergsonian reading of Einsteinian Relativity.

Key words: Temporality, Principle of relativity, Einstein, twin paradox, chronogeometry.

Bibliographie

BACHELARD, G. *La Valeur inductive de la relativité*. Paris: Vrin, 1929.

BECQUEREL, J. « Critique de l'ouvrage *Durée et simultanéité* ». *Bulletin scientifique des étudiants de Paris*, n° 10, 1923, p. 18-29

BERGSON, H. « Discussion avec Einstein ». *Bulletin de la Société française de philosophie*, XXII-3, juillet 1922, p. 102-113. Disponible en ligne : www.sofrphilo.fr/activites-scientifiques-de-la-sfp/conferences/grandes-conferences-en-telechargement

BERGSON, H. *Durée et simultanéité*. Édition critique établie par Élie During. Paris: PUF, 2009

BERGSON, H. *Durée et simultanéité*. Paris: PUF, 1968

BERGSON, H. *La Pensée et le Mouvant*. Paris: GF-Flammarion, 2014.

BERGSON, H. *Mélanges*. Paris: PUF, 1972.

BIEZUNSKI, M. *Einstein à Paris*. Paris: Presses de l'université de Vincennes, 1995.

BOUASSE, H. *La Question préalable contre la théorie d'Einstein*. Paris: Librairie Albert Blanchard, 1923.

CANALES, J. « Einstein, Bergson and the experiment that failed : Intellectual cooperation at the League of Nations ». *MLN*, n° 120, 2005, p. 1.168-1.191.

CANALES, J. *The Physicist and the Philosopher : Einstein, Bergson and the Debate that Changed Our Understanding of Time*. Princeton: Princeton University Press, 2015.

D'ABRO, A. *Bergson ou Einstein*. Paris : Henri Gaulon éditeur, 1927.

DURING, E. « Langevin ou le paradoxe introuvable ». *Revue de métaphysique et de morale*, n° 84, 2014/4, p. 513-527

EINSTEIN, A. « In memoriam Paul Langevin ». *La Pensée*, n° 12, 1947

EINSTEIN, A. *Correspondance avec Michele Besso, 1903-1955*. Paris : Hermann, 1972.

EINSTEIN, A. *Œuvres choisies*, t. IV. Correspondances françaises. Dirgée par F. Balibar. Paris : Seuil/CNRS, 1989.

GALILÉE. *Dialogue sur les deux grands systèmes du monde*. Paris: Seuil, 2000.

LANGEVIN, P. « L'aspect général de la théorie de la relativité ». *Bulletin scientifique des étudiants de Paris*, n° 2, avril-mai 1922a [repris dans LANGEVIN, P. *Propos d'un physicien engagé*. Edité par B. Bensaude-Vincent. Paris: Vuibert/SFHST, 2007]

LANGEVIN, P. « L'évolution de l'espace et du temps ». *Scientia*, n° 10, 1911.

LANGEVIN, P. « Le temps, l'espace et la causalité dans la physique moderne ». *Revue de la société française de philosophie*, n° 12, 1922b. [repris dans LANGEVIN, P. *Propos d'un*

physicien engagé. Edité par B. Bensaude-Vincent. Paris: Vuibert/SFHST, 2007]

LE ROY, É. « Les paradoxes de relativité sur le temps ». *Revue philosophique de la France et de l'étranger*, n° 123, 1937, I, p. 10-47, et II, p. 195-245

LÉVY-LEBLOND, J.-M. « De la relativité à la chronogéométrie ». *Colloque de Cargèse*, « Le temps », 2001.

LÉVY-LEBLOND, J.-M. « On the Conceptual Nature of the Physical Constants ». *The Reform of the International System of Units (SI), Philosophical, Historical and Sociological Issues*. Ed. N. de Courtenay, O. Darrigol et O. Schlaudt. Routledge, 2019

LÉVY-LEBLOND, J.-M. « What if Einstein Had Never Been Born? A Gedankenexperiment in Physics History ». *Proceedings of the 24th International Colloquium on Group Theoretical Methods in Physics*, éd. J.-P. Gazeau et al., IOP Publishing, Londres, 2003.

METZ, A. « Le temps d'Einstein et la philosophie. À propos de la nouvelle édition de l'ouvrage de M. Bergson, *Durée et simultanéité* ». *Revue de philosophie*, n° 31, 1924, pp. 56-88.

METZ, A. *La Relativité*. Paris : Étienne Chiron, 1923.

MEYERSON, E. *La Déduction relativiste*. Paris: Payot, 1925 ;

PESIC, P. « Einstein and the Twin Paradox ». *European Journal of Physics*, n° 24, 2003, p. 585-590

RENOIRTE, F. *Revue néoscolastique de philosophie*, n° 3, 1924,

p. 371-375

TONNELAT, M.-A. *Histoire du principe de relativité*. Paris: Flammarion, 1971.

WOLF, G. *La Relativité des phénomènes*. Paris: Flammarion, 1928

WONSCH, D. « Einstein et la Commission internationale de coopération culturelle ». *Revue d'histoire des sciences*, n° 57-2, 2004, p. 509-520.