

Séance du 6 avril 1922

LA THÉORIE DE LA RELATIVITÉ

M. X. Léon. – La date du 6 avril 1922 fera époque dans les Annales de notre *Société* et c'est pour elle un honneur dont elle sent tout le prix que la présence du génial auteur de la théorie de la relativité restreinte et généralisée.

Un des fondateurs les plus éminents de la *Société française de Philosophie*, notre très regretté maître Émile Boutroux, rappelait encore en 1920, à l'Académie des Sciences morales et politiques, «qu'elle avait constamment, depuis son origine, cherché à rapprocher en de fréquentes et familières réunions, non seulement les philosophes et les amis de la philosophie, mais, comme dans la *Revue de Métaphysique et de Morale*, les savants et les philosophes». Jamais elle n'aura eu à s'en féliciter davantage. Et s'il est vrai, comme l'ajoutait M. Boutroux, que, dans ces entretiens, «il n'est pas rare qu'un penseur dévoile, plus que dans ses écrits étudiés, ses principes intimes et ses véritables idées directrices», jamais l'existence de notre Société n'aura reçu plus éclatante consécration.

J'aurais donc scrupule à retarder le moment où vous allez entendre la parole du grand penseur dont Langevin a dit si justement qu'il «nous avait ouvert une fenêtre nouvelle sur l'éternité», si je ne considérais comme un devoir d'exprimer à M. Einstein, au nom des membres de cette *Société*, notre profonde gratitude pour la simplicité avec laquelle il a accepté de venir s'entretenir avec nous.

Qu'il me permette de lui dire : il n'est pas un étranger pour les savants et les philosophes qui sont ici. C'est au début de 1911 que notre collègue Winter publiait son livre sur *La méthode dans la philosophie des mathématiques*, où il signalait le premier au public philosophique l'importance et la profondeur des vues de M. Einstein. Au mois d'avril de la même année, lors de la session du 4^e Congrès international, à Bologne, Langevin, avec son admirable maîtrise, révélait, dans un premier exposé oral, aux philosophes étonnés mais singulièrement captivés, les mystères de la relativité restreinte ; en octobre, apôtre du nouvel Évangile, il reprenait, sous une forme un peu différente, l'exposition des découvertes de M. Einstein devant les membres de la *Société française de Philosophie*. Et hier encore, à cette session extraordinaire où avait été convié M. Einstein et où ce fut pour tous les assistants une grande déception qu'il ne pût y venir, la séance la plus mémorable a sans doute été celle où Miss Wrinch,

Enriques, Langevin, Painlevé ont abordé la question des formes les plus récentes de la théorie de la relativité.

Aujourd'hui nous nous félicitons de reprendre la discussion en présence du monstre lui-même ; pourtant un regret nous étreint le cœur.

La *Société française de philosophie* comptait parmi ses membres fondateurs un autre savant de génie : il s'appelait Henri Poincaré.

Or vous savez le rôle capital que joua Poincaré dans la création de ce qu'on a appelé la mécanique nouvelle, en montrant la part de convention qui existait dans la mécanique classique et en introduisant certaines notions fécondes, par exemple la quantité de mouvement électro-magnétique ou la pression appelée «pression de Poincaré».

Mieux encore, dans ses *Leçons sur l'électricité et l'optique*, publiées, il y a plus de vingt ans, en 1901, Henri Poincaré examinait les théories de Hertz, de Helmholtz, de Larmor, de J.-J. Thompson, de Lorentz, et ses préférences allaient aux conceptions du célèbre physicien hollandais. Parlant notamment de l'expérience de Michelson, il écrivait ces lignes vraiment prophétiques :

«Je regarde comme très probable que les phénomènes optiques ne dépendent que des mouvements *relatifs* des corps matériels et cela non pas aux quantités près de l'ordre du carré ou du cube de l'aberration, mais rigoureusement. À mesure que les expériences deviendront plus exactes, ce principe sera vérifié avec plus de précision. Une théorie bien faite devrait permettre de démontrer le principe d'un seul coup dans toute sa rigueur. La théorie de Lorentz ne le fait pas encore. De toutes celles qui ont été proposées, c'est celle qui est le plus près de le faire.»

La solution attendue par Poincaré, M. Einstein l'a apportée dans son mémoire de 1905 sur la relativité restreinte ; il a accompli la révolution que Poincaré avait entrevue et présentée à un moment où le développement de la physique semblait conduire à une impasse.

Quel spectacle c'eût été que la rencontre aujourd'hui, en cette enceinte, de ces deux créateurs de mondes, fils de pays différents, et quelle lumière en eût pu jaillir pour cette recherche de la vérité qui, par-delà les bornes des frontières, affirme l'universalité de l'esprit humain et réalise le consentement de toutes les intelligences !

M. Langevin. – La théorie de la Relativité est avant tout une théorie physique ; elle part des faits connus et aboutit à la prévision de faits nouveaux ; elle est essentiellement expérimentale. Née des contradictions qui s'élevaient entre la théorie électromagnétique et la mécanique, elle est la seule qui rende compte des faits connus, et qui permette d'en prévoir d'autres. La théorie n'est pas seulement

expérimentale par son origine, elle l'est encore par sa méthode ; elle n'introduit comme éléments abstraits de la physique que des grandeurs observables, fournies par l'expérience ; et elle repousse tout absolu arbitraire.

Pour ces raisons, il a bien fallu renoncer à la classification des connaissances humaines proposée par A. Comte. Comte mettait à la base de nos concepts immédiats un espace et un temps absolus sur lesquels il édifiait la mécanique, la physique, les sciences physico-chimiques et leurs conséquences biologiques ; pour lui la Physique avait essentiellement pour théâtre l'espace euclidien où régnait un temps absolu. La conception nouvelle est tout autre : c'est une fusion de la géométrie et de la physique rendant impossible l'existence d'un temps et d'un espace absolus. Cette notion d'un espace et d'un temps indépendants l'un de l'autre conduisait à des conséquences paradoxales quand on voulait donner à la notion de simultanéité une signification expérimentale précise, valable à la fois pour tous les observateurs, quels que soient leurs mouvements les uns par rapport aux autres.

La théorie de la Relativité restreinte repose sur deux axiomes fondamentaux : le principe de relativité et le principe de la constance de la vitesse de la lumière. Selon le premier principe, les équations traduisant les lois qui régissent les phénomènes doivent avoir la même forme pour tous les *systèmes d'inertie* en translation uniforme les uns par rapport aux autres ; ce principe fondé sur l'expérience s'est toujours trouvé confirmé dans tous les domaines de la physique. L'isotropie de la vitesse de la lumière, autrement dit la constance de c quand on passe d'un système galiléen à un autre, est une conséquence de ces lois de l'électromagnétisme que personne ne peut raisonnablement songer à contester, et se trouve directement vérifiée par des expériences du genre de celle de Michelson. Dans la nouvelle cinématique le temps a perdu son caractère absolu ; chaque système d'inertie a son temps particulier ; la notion de simultanéité d'événements éloignés les uns des autres perd toute signification ; du reste, le principe de causalité ne subit aucune atteinte si l'on admet qu'il n'existe aucune influence capable de se propager avec une vitesse supérieure à la vitesse fondamentale c .

Mais la théorie de la Relativité généralisée va plus loin et la philosophie n'est pas étrangère à son développement ; c'est elle qui a conduit Einstein à penser que la réalité n'avait que faire de systèmes de référence, que les lois de la nature pouvaient revêtir une forme où ces systèmes de référence n'interviendraient pas, autrement dit une forme invariante pour les changements de coordonnées. Or, si l'on y réfléchit bien, notre seule connaissance du monde extérieur repose sur

l'observation de coïncidences absolues, ayant chacune un sens indépendant de tout système de coordonnées et le déterminisme exige que le cours des phénomènes ne soit autre chose qu'une succession de semblables coïncidences s'enchaînant les unes avec les autres ; les lois qui traduisent cet enchaînement doivent nécessairement pouvoir revêtir une forme invariante.

Pour la Relativité restreinte chaque système d'inertie avait son temps particulier. Dans la Relativité généralisée, au contraire, les systèmes d'inertie disparaissent et cette disparition entraîne l'impossibilité d'existence d'un temps commun à tout un système de référence. Seule subsiste la notion de temps propre mesuré par l'arc de la trajectoire d'univers que décrit un point matériel déterminé ; mais il n'est pas possible d'établir d'une manière univoque des relations entre les temps propres des différents points matériels ou, ce qui revient au même, parmi les quatre coordonnées qui définissent la situation d'un événement dans un certain système de référence, on ne peut plus dire que l'une d'elles représente le temps.

La notion de causalité devient délicate et elle a fait l'objet d'une discussion profonde de la part d'Hilbert. Hilbert, en mathématicien, a cherché comment on devait particulariser le choix du système de coordonnées pour qu'une des variables puisse jouer le rôle du temps. Ce n'est du reste que dans les cas statiques que cette décomposition de l'univers en espace et en temps est possible, mais l'espace ainsi obtenu n'est pas euclidien ; sa nature dépend de ce qu'il contient. Dans les cas non statiques la décomposition en espace et en temps est absolument impossible.

On voit combien la théorie de la Relativité peut présenter d'intérêt pour les philosophes qui s'occupent de ces conceptions obscures d'espace et de temps. Elle offre encore un autre intérêt philosophique par son point de vue axiomatique, c'est-à-dire par la nature des axiomes qui lui servent de base. Nous avons déjà vu que la théorie de la Relativité restreinte est édiflée sur l'axiome de relativité entendu au sens galiléen, et sur l'axiome de la constance de la vitesse de la lumière. En ce qui concerne la Relativité généralisée, Hilbert a énoncé deux postulats fondamentaux : 1° Toutes les lois de la physique peuvent se mettre sous une forme hamiltonienne ; autrement dit, il existe une fonction des grandeurs caractérisant l'état de l'univers, appelée densité tensorielle de l'action d'univers, dont l'intégrale étendue à une région déterminée de l'univers doit rester stationnaire dans le cours des phénomènes. Ce principe hamiltonien, d'origine purement mécanique, étendu par Larmor aux phénomènes électromagnétiques, est la seule épave qui ait surnagé au milieu du bouleversement général de la physique ; il était donc naturel de lui

donner une place privilégiée. 2° L'intégrale précédente est un invariant pour les changements de système de référence.

Mais les tendances actuelles vont encore plus loin. L'action comprend encore deux parties : une partie géométrique relative à la gravitation au moyen de laquelle la loi du mouvement des corps libres revêt une forme géométrique (tout corps abandonné à lui-même suit une géodésique de l'espace-temps dans lequel il se trouve) et une partie physique, fournissant les lois relatives aux phénomènes autres que la gravitation ; cette partie physique est du reste électromagnétique, car tous les phénomènes connus autres que la gravitation paraissent bien rentrer dans le cadre électromagnétique. Pour arriver à ce point, il a fallu abandonner un certain nombre de postulats ; on peut être tenté d'en abandonner de nouveaux pour aller plus loin ; c'est ce qu'ont fait Weyl et Eddington ; les deux parties géométrique et physique ont été réunies en une seule de nature géométrique, mais le chemin suivi par Weyl et Eddington n'est plus, comme chez Einstein, d'une nature purement expérimentale ; le but qu'ils se sont fixé, c'était de trouver une géométrie aussi générale que possible qu'il s'agissait ensuite de comparer à la réalité. Dans la recherche de ces géométries, l'essentiel était d'introduire le moins possible de postulats ; quant à la comparaison avec les faits, elle ne pouvait se faire au moyen d'une méthode générale, et seule une marche à tâtons pouvait conduire à une identification des êtres géométriques avec des êtres physiques. La théorie de Weyl parviendra peut-être à donner une signification physique à tous les éléments géométriques qu'elle introduit ; au contraire, celle d'Eddington paraît trop générale ; il reste encore des éléments géométriques auxquels l'auteur n'a pu donner une signification physique, mais peut-être ces éléments inconnus correspondent-ils à des phénomènes dont nous ne soupçonnons pas encore l'existence.

Pour terminer, nous devons dire que l'édifice construit par Einstein est le seul aujourd'hui qui repose d'une manière sûre sur l'expérience, qui rend compte de tous les phénomènes connus et qui permette d'en prévoir d'autres.

M. Hadamard. – Les physiciens d'aujourd'hui sont tellement au courant des questions mathématiques qu'ils peuvent se passer des mathématiciens et que ceux-ci n'ont plus rien à dire. J'insisterai simplement sur le fait qu'au point de vue logique tout se tient merveilleusement dans la théorie de la Relativité ; or, c'est au point de vue logique qu'on est tenté d'attaquer la théorie à l'heure actuelle, parce qu'elle est révolutionnaire et qu'elle bouleverse complètement

nos conceptions traditionnelles et héréditaires sur l'Espace et le Temps.

Quand il s'agit d'une théorie physique, trois questions se posent ; c'est du moins ce que mon professeur de philosophie m'enseignait autrefois : 1° La théorie est-elle logique avec elle-même, autrement dit, ne se contredit-elle nulle part ? 2° Est-elle d'accord avec les faits ? 3° Est-elle mieux d'accord avec les faits que les théories préexistantes ? Eh bien ! en ce qui concerne la première question, le mathématicien ne saurait relever la moindre contradiction dans la théorie de la relativité ; en réalité, la relativité restreinte est même une conséquence logique des équations de Maxwell-Lorentz ; une contradiction dans celle-là ne pourrait exister sans une contradiction dans celles-ci ; or, il n'existe aucune contradiction dans les équations de l'électromagnétisme. Les questions 2 et 3 ne peuvent regarder le mathématicien, et c'est au physicien d'y répondre.

M. Einstein. – Je n'ai qu'un mot à dire au sujet des remarques de M. Hadamard. M. Hadamard dit qu'une théorie physique devait d'abord être logique, puis concorder avec des faits expérimentaux. Je ne crois pas que cela soit suffisant et, en tous cas, ce n'est pas évident *a priori*. Dire qu'une théorie est logique, cela signifie qu'elle est constituée à partir de symboles qui sont liés les uns aux autres au moyen de certaines règles, et dire que la théorie est conforme à l'expérience, signifie que l'on possède des règles de correspondance entre ces symboles et les faits. La relativité est issue de nécessités expérimentales ; cette théorie est logique en ce sens qu'on peut lui donner une forme déductive, mais il faut encore connaître des règles claires qui fassent correspondre ses éléments à la réalité ; il y a donc trois postulats et non deux, comme le pensait M. Hadamard.

M. Hadamard. – Autrement dit, ce qu'on examine c'est une théorie logique et l'ensemble des règles qui la font correspondre à la réalité.

M. Cartan. – M. Einstein a énoncé les lois de l'univers en partant d'une certaine expression mathématique : le ds^2 , qui est une forme différentielle quadratique à quatre variables. Pour l'analyste, tout l'intérêt se porte sur les invariants différentiels qui s'attachent à ce ds^2 . Le géomètre s'attache plus spécialement à certains de ces invariants différentiels les plus simples, ceux qui définissent ce qu'il a appelé la courbure. Quant aux physiciens, ils ne s'occupent que des invariants susceptibles d'une interprétation physique ; ils les ont appelé des tenseurs. Le tenseur fondamental est le tenseur énergie-quantité-de-mouvement que fournit l'expérience. Mais la géométrie montre qu'il

existe un deuxième tenseur qui, égalé à zéro, exprime que les lois de la propagation de la lumière sont les mêmes qu'en relativité restreinte ; ce tenseur est également nul dans la loi de gravitation à potentiel scalaire de Mie. Comme le tenseur matière, il est à dix composantes et est aussi simple que lui en ce sens qu'il ne contient pas de dérivées des potentiels d'un ordre supérieur au second, et que les dérivées du second ordre y entrent linéairement. Le tenseur matière présente un intérêt physique, je demande à M. Einstein si le second en présente aussi un ? Jusqu'ici il n'a pas de signification physique, et il y a là une espèce de désaccord entre la géométrie et la nature.

M. Einstein. – Quel est ce tenseur ?

M. Cartan. – Les composantes sont les parties réelles et imaginaires des coefficients d'une certaine forme quadratique ternaire dont il est difficile de donner la signification en langage vulgaire.

M. Painlevé. – Il est certain qu'on ne peut trouver de contradiction logique dans la théorie de la Relativité restreinte, mais des difficultés considérables surgissent quand on passe d'un système d'inertie à un autre. Je tiens à bien signaler ces difficultés absolument essentielles et qui proviennent de ce que la correspondance entre le temps de l'observateur fixe et de l'observateur qui change de système d'inertie n'est plus univoque. Ce défaut de correspondance univoque empêche d'appliquer des raisonnements de réciprocité et crée une dissymétrie fondamentale. Je tiens à insister sur ce point, car je crois que personne – sauf M. Langevin – ne l'avait remarqué suffisamment.

M. Langevin. – Je tiens à signaler que ce défaut de symétrie, je l'ai fait ressortir en 1911 au *Congrès de philosophie de Bologne*, ainsi qu'à mon cours du Collège de France.

M. Paul Lévy. – Les seules réalités observables sont celles qui résultent de la présence des corps dans l'univers. Pour simplifier mon raisonnement, je vais supposer des êtres infiniment plats sur la surface d'une sphère. Les mesures qu'ils feront avec des règles montreront qu'ils sont sur une surface à courbure constante. Mais on peut leur dire qu'ils se trompent, qu'ils sont sur une surface à courbure nulle. Ils penseront alors que ce sont leurs instruments qui se sont modifiés et qui leur fournissent une géométrie non-euclidienne. C'est ainsi qu'au lieu de dire que le soleil crée une courbure de l'espace, je crois préférable de dire qu'il modifie les règles, que celles-ci subissent une contraction longitudinale quand elles se rapprochent radialement du

soleil. La question est de savoir lequel de ces deux langages est le plus commode. Je ne veux pas dire que celui que je propose correspond mieux que l'autre à la réalité. Je crains seulement que l'on attribue à l'autre langage une signification objective qu'il n'a pas.

M. Einstein. – La géométrie est une conception arbitraire ; on est toujours libre d'adopter celle qu'on veut, en particulier une géométrie euclidienne ; mais les concepts euclidiens n'ont pas de signification physique et ne peuvent nous servir, à nous physiciens. De plus, la relation entre le continuum réel et l'espace géométrique imaginé n'est pas univoque et l'on ne peut pas dire que l'une des manières de parler soit préférable à l'autre.

M. Langevin. – Le procédé de M. Paul Lévy n'est autre chose que la représentation d'un espace non-euclidien sur un espace euclidien. C'est le procédé de la carte.

M. Paul Lévy. – L'expérience ne permet pas de dire quelle est la représentation la plus vraie.

M. Perrin. – Je m'associe entièrement aux vues de M. Langevin et pense que la théorie a la plus grosse importance dans tous les domaines de la physique.

M. Jean Becquerel. – Au sujet du champ de gravitation d'un centre matériel, il me paraît intéressant de signaler un travail de G. Mie, qui a montré que notre représentation logique de l'univers est une projection orthogonale, dans un continuum euclidien à dix dimensions, du continuum d'Hilbert sur tout univers de Minkowski parallèle à l'univers asymptote. Cette interprétation conduit à la formule de Schwarzschild *sans fonction arbitraire*. Le résultat de Mie montre que les coordonnées employées par Schwarzschild sont celles avec lesquelles l'aspect de l'univers, pour le physicien, devient le plus intuitif.

M. Einstein. – On peut toujours choisir telle représentation qu'on veut si l'on croit qu'elle est plus commode qu'une autre pour le travail qu'on se propose ; mais cela n'a pas de sens objectif.

M. Brunschvicg. – M. Einstein, en acceptant de se rendre à l'invitation de notre *Société*, a bien voulu lui-même indiquer les problèmes sur lesquels il consentirait à nous apporter quelque précision ; il a signalé notamment le rapport entre les théories de la

relativité et la conception kantienne de la science. C'est afin d'obtenir cette précision que l'on m'a demandé de prendre ici la parole. Et c'est pour moi l'occasion de dire, simplement, brutalement peut-être, mon émotion à saluer parmi nous un homme qui, par son œuvre de savant et de philosophe (et pour d'autres raisons sur lesquelles je n'insiste pas, mais auxquelles il sait bien que nous pensons), agrandit notre idée de l'humanité. Le nom d'Einstein a déjà pris rang parmi ceux des génies qui nous permettent de transformer selon l'image platonicienne, qui sera particulièrement de mise ici, la lumière sensible en lumière intelligible.

Or, en prenant pour base de référence le monde kantien, je voudrais essayer de définir, en peu de mots, quelle est, pour les philosophes, la portée de la transformation opérée par la découverte du monde einsteinien.

Le monde kantien a, d'une part, un *contenant* : l'espace et le temps; d'autre part, un *contenu* : la matière et la force. Il y a donc deux sortes de questions à étudier successivement : problèmes du *contenant*, qui sont l'objet de l'*Esthétique transcendantale* ; problèmes du *contenu*, qui sont l'objet des *Analogies de l'Expérience* dans la *Logique transcendantale*. Les premiers concernent la mathématique ; les seconds la physique. Ceux-ci ne pourront être abordés que lorsque ceux-là auront été résolus.

Le monde einsteinien se caractérise par le fait qu'il ne permet plus de séparer *contenant* et *contenu*. On n'y a plus affaire à l'espace de Kant, norme de l'intelligible et réceptacle du réel, qui se constituerait par soi, se fermerait sur soi, en attendant que les choses viennent le remplir, encore moins au *temps arithmétique*, qui est conçu vide et homogène, par analogie avec un espace lui-même vide et homogène. Et pas davantage il n'y a un univers du physicien qui se définirait par son contenu, indépendamment des formes spatiale et temporelle dans lesquelles il prend place. Pas de problème donc qui porte sur la matière considérée comme substance en soi, ou sur la force considérée comme cause en soi.

Or, que cette transformation provoque chez le philosophe une intense joie intellectuelle, un mot permet de le comprendre. La conception kantienne nous jetait dans les *antinomies* ; la conception einsteinienne nous en délivre. Les deux premières antinomies de Kant sont appelées par lui *antinomies mathématiques* : elles mettent en évidence la nécessité rationnelle et l'impossibilité tout aussi rationnelle de concevoir comme finis l'espace et le temps, de poser un élément simple et indivisible. La mathématique faisait ainsi payer les services incomparables qu'elle a rendus à la science physique, en embarrassant de difficultés inextricables la philosophie de la

physique. De fait, quand il s'est agi de décider comment on pouvait passer des cadres de l'espace et du temps aux réalités de la matière et du mouvement, on s'est heurté à des contradictions insolubles – témoin Descartes définissant le mouvement comme une relation pure, et le traitant pourtant comme l'absolu du réel – témoin Laplace s'appuyant sur la mécanique newtonienne et pourtant concevant l'univers comme pouvant se dilater ou se rétrécir sans que puissent s'en apercevoir des êtres placés, par on ne sait quel miracle, en dehors de l'univers dont ils seraient, suivant son expression si singulière et si frappante, les *observateurs*.

Or, tous ces embarras disparaissent, comme par enchantement, avec les doctrines de la relativité. Pourquoi ? Parce qu'elles ne connaissent plus le mathématique pur, l'espace pris à part de ce qui le remplit, le temps pris à part de ce qui se passe, d'un mot le système de mesure qui serait défini en tant que *mesurant*. L'opération de mesure consiste à mettre le procédé de mesure et la chose à mesurer dans une relation si étroite qu'on ne saurait déterminer les caractères de l'un sans référence aux propriétés, intrinsèques et objectives, de l'autre. Il n'y a plus de problème philosophique qui se pose touchant l'espace *avant la matière*, ou touchant la matière *après l'espace* – *a fortiori* point de problème touchant une entité de temps, se traînant péniblement à la remorque de l'espace. Le monde, suivant M. Einstein, est sans endroit et sans envers ; il se constitue d'un seul tenant par la corrélation progressive du mathématique et du physique, qui ne laisse, à aucun moment du travail intellectuel, subsister un *hiatus*, qui n'entraîne aucune fissure, entre la position du *continuum spatio-temporel* et la réalité qui en détermine les caractéristiques.

À ce point de vue l'avènement de la relativité marque bien une révolution – mais au sens littéral de la métaphore, comme l'achèvement du processus de pensée – que l'on voit se dessiner avec le relativisme kantien, où l'espace, en raison du paradoxe des objets symétriques, est une forme d'intuition qui appelle un contenu, où la cause réclame l'expérience d'un temps irréversible. Avec Kant, déjà, le parallélisme des idées et des choses se change en connexion, en réciprocité ; avec M. Einstein, cette connexion, cette réciprocité, acquiert une profondeur insoupçonnée, parce que la relativité fait apparaître plus abstraite l'expression de la réalité physique, en même temps qu'elle précise la signification de pur instrument de travail, qui appartient au mathématique. S'il est inévitable que nous parlions en mathématiciens, nous devons penser en physiciens. Et alors, par la solidarité désormais établie entre l'*Esthétique transcendantale* et l'*Analytique*, disparaîtront, pour parler encore le langage kantien, les contradictions de la *Dialectique*.

M. Einstein. – À propos de la philosophie de Kant, je crois que chaque philosophe a son Kant propre, et je ne puis répondre à ce que vous venez de dire, parce que les quelques indications que vous avez données ne me suffisent pas pour savoir comment vous interprétez Kant. Je ne crois pas, pour ma part, que ma théorie concorde sur tous les points avec la pensée de Kant telle qu'elle m'apparaît.

Ce qui me paraît le plus important dans la philosophie de Kant, c'est qu'on y parle de concepts *a priori* pour édifier la science. Or, on peut opposer deux points de vue : l'apriorisme de Kant, dans lequel certains concepts préexistent dans notre conscience, et le conventionnalisme de Poincaré. Ces deux points de vue s'accordent sur ce point que la science a besoin, pour être édifiée, de concepts arbitraires ; quant à savoir si ces concepts sont donnés *a priori*, ou sont des conventions arbitraires, je ne puis rien dire.

M. Le Roy. – Notre ami Xavier Léon veut à toute force que je prenne la parole. Devant son aimable insistance, je ne saurais m'y refuser. Mais, au fond, je n'ai rien à dire ; et c'est cela seul que j'expliquerai en deux mots.

Pour le philosophe, de quelque manière, d'ailleurs, qu'il conçoive leur existence, il y a un espace et un temps, objets d'intuition, qui préexistent à la mesure qu'on en fait et qui demeurent distincts de cette mesure. Pour le physicien, au contraire, surtout dans la perspective où se place la théorie de la relativité, espace et temps sont définis par leur mesure même : ce sont, en fin de compte et à la lettre, deux ensembles d'opérations de mesure. À ces ensembles, comment imposerait-on *a priori* un système quelconque de caractères, de déterminations, de lois ou rapports internes ? Le point de vue du philosophe et celui du physicien sont l'un et l'autre légitimes ; mais ils conduisent à poser, sous des termes apparemment semblables, deux problèmes en réalité tout différents.

J'estime en particulier que le problème du temps n'est pas le même pour M. Einstein et pour M. Bergson. Il y aurait sur ce point plusieurs remarques à faire. Mais, M. Bergson étant parmi nous, ce n'est pas à moi qu'il appartient de les produire ; et mon intervention aura eu tout l'effet que je désire si elle amène M. Bergson lui-même à prendre la parole.

M. Bergson. – J'étais venu ici pour écouter. Je n'avais pas l'intention de prendre la parole. Mais je cède à l'aimable insistance de la *Société de philosophie*.

Et je commence par dire à quel point j'admire l'œuvre de M. Einstein. Elle me paraît s'imposer à l'attention des philosophes autant qu'à celle des savants. Je n'y vois pas seulement une physique nouvelle, mais aussi, à certains égards, une nouvelle manière de penser.

Un approfondissement complet de cette œuvre devrait naturellement porter sur la théorie de la Relativité généralisée aussi bien que sur celle de la Relativité restreinte, sur la question de l'espace aussi bien que sur celle du temps. Puisqu'il faut choisir, je prendrai le problème qui m'intéresse spécialement, celui du temps. Et puisqu'il ne faudrait pas parler du temps sans tenir compte de l'heure, et que l'heure est avancée, je me bornerai à des indications sommaires sur un ou deux points. Force me sera bien de laisser de côté l'essentiel.

Le sens commun croit à un temps unique, le même pour tous les êtres et pour toutes choses. D'où vient sa croyance ? Chacun de nous se sent durer : cette durée est l'écoulement même, continu et indivisé, de notre vie intérieure. Mais notre vie intérieure comprend des perceptions, et ces perceptions nous semblent faire partie tout à la fois de nous-mêmes et des choses. Nous étendons ainsi notre durée à notre entourage matériel immédiat. Comme, d'ailleurs, cet entourage est lui-même entouré, et ainsi de suite indéfiniment, il n'y a pas de raison, pensons-nous, pour que notre durée ne soit pas aussi bien la durée de toutes choses. Tel est le raisonnement que chacun de nous esquisse vaguement, je dirais presque inconsciemment. Quand nous l'amenons à un degré supérieur de clarté et de précision, nous nous représentons, au delà de ce qu'on pourrait appeler l'horizon de notre perception extérieure, une conscience dont le champ de perception empiéterait sur le nôtre, puis, au delà de cette conscience et de son champ de perception, une autre conscience située d'une manière analogue par rapport à elle, et ainsi de suite encore, indéfiniment. Toutes ces consciences, étant des consciences humaines, nous paraissent vivre la même durée. Toutes leurs expériences extérieures se dérouleraient ainsi dans le même temps. Et comme toutes ces expériences, empiétant les unes sur les autres, ont, deux à deux, une partie commune, nous finissons par nous représenter une expérience unique, occupant un temps unique. Dès lors nous pouvons, si nous le voulons, éliminer les consciences humaines que nous avons disposées de loin en loin comme autant de relais pour le mouvement de notre pensée : il n'y a plus que le temps impersonnel où s'écoulent toutes choses. Voilà le même raisonnement sous une forme plus précise. Que nous restions, d'ailleurs, dans le vague ou que nous cherchions la précision, dans les deux cas l'idée d'un temps universel, commun aux consciences et aux choses, est une simple hypothèse.

Mais c'est une hypothèse que je crois fondée, et qui, à mon sens, n'a rien d'incompatible avec la théorie de la Relativité. Je ne puis entreprendre la démonstration de ce point. Il faudrait d'abord étudier beaucoup plus minutieusement que je ne viens de le faire la durée réelle et le temps mesurable. Il faudrait prendre un à un les termes qui entrent dans les formules de Lorentz et en chercher la signification concrète. On trouverait ainsi que les temps multiples dont il est question dans la théorie de la Relativité sont loin de pouvoir tous prétendre au même degré de réalité. À mesure qu'on avancerait dans cette étude, on verrait comment la conception relativiste, qui correspond au point de vue de la science, et la conception du sens commun, qui traduit en gros les données de l'intuition ou de la conscience, se complètent et se prêtent un mutuel appui. Il est vrai qu'il faudrait, chemin faisant, dissiper une confusion très grave, à laquelle certaines interprétations couramment acceptées de la théorie relativiste doivent leur forme paradoxale. Tout cela nous entraînerait trop loin.

Mais tout ce que je ne puis établir pour le temps en général, je vous demande la permission de le faire tout au moins entrevoir pour le cas particulier de la simultanéité. Ici l'on apercevra sans peine que le point de vue relativiste n'exclut pas le point de vue intuitif, et l'implique même nécessairement.

Qu'entend-on d'ordinaire par simultanéité de deux événements ? Je considérerai, pour simplifier, le cas de deux événements qui ne dureraient pas, qui ne seraient pas eux-mêmes des flux. Ceci posé, il est évident que simultanéité implique deux choses : 1° une perception instantanée ; 2° la possibilité, pour notre attention, de se partager sans se diviser. J'ouvre les yeux pour un moment : je perçois deux éclairs instantanés partant de deux points. Je les dis simultanés parce qu'ils sont *un* et *deux* 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. Comment l'acte d'attention peut-il être un ou plusieurs à volonté, tout d'un coup et tout à la fois ? Comment une oreille exercée perçoit-elle à chaque instant le son global donné par l'orchestre et démêle-t-elle pourtant, s'il lui plaît, les notes données par deux ou plusieurs instruments . Je ne me charge pas de l'expliquer ; c'est un des mystères de la vie psychologique. Je le constate simplement ; et je fais remarquer qu'en déclarant simultanées les notes données par plusieurs instruments nous exprimons : 1° que nous avons une perception instantanée de l'ensemble ; 2° que cet ensemble, indivisible si nous voulons, est divisible, si nous le voulons, aussi : il y a une perception unique, et il y en a néanmoins plusieurs. Telle est la simultanéité, au sens courant du mot. Elle est

donnée intuitivement. Et elle est absolue, en ce qu'elle ne dépend d'aucune convention mathématique, d'aucune opération physique telle qu'un réglage d'horloges. Elle n'est jamais constatable, je le reconnais, qu'entre événements voisins. Mais le sens commun n'hésite pas à l'étendre à des événements aussi éloignés qu'on voudra l'un de l'autre. C'est qu'il se dit, instinctivement, que la distance n'est pas un absolu, qu'elle est «grande» ou «petite» selon le point de vue, selon le terme de comparaison, selon l'instrument ou l'organe de perception. Un surhomme à vision géante percevrait la simultanéité de deux événements instantanés «énormément éloignés» comme nous percevons celle de deux événements «voisins». Quand nous parlons de simultanéités absolues, quand nous nous représentons des coupes instantanées de l'univers qui cueilleraient, pour ainsi dire, des simultanéités définitives entre événements aussi distants qu'on voudra l'un de l'autre, c'est à cette conscience surhumaine, coextensive à la totalité des choses, que nous pensons.

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 , 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 de chacun d'eux. Or ces horloges ont été réglées l'une sur l'autre par un échange de signaux optiques, ou plus généralement électro-magnétiques, dans l'hypothèse que le signal faisait le même trajet à l'aller et au retour. Et il en est ainsi, sans aucun doute, si l'on se place au point de vue de l'observateur intérieur au système, qui le tient pour immobile. Mais l'observateur intérieur à un autre système S' , en mouvement par rapport à S , prend pour système de référence son propre système, le tient pour immobile, et voit le premier en mouvement. Pour lui, les signaux qui vont et viennent entre deux horloges du système S ne font pas, en général, le même trajet à l'aller et au retour ; et par conséquent, pour lui, des événements qui s'accomplissent dans ce système quand les deux horloges marquent la même heure 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 sont simultanés ou successifs selon le point de vue d'où on les considère.

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 sont été réglées l'une sur l'autre. Mais, si telle est bien la simultanéité entre les indications des deux 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. La simultanéité entre l'événement et l'indication d'horloge est donnée par la perception qui les unit dans un acte indivisible ; elle consiste essentiellement dans le fait, – indépendant de tout réglage d'horloges –, que cet acte est *un* ou *deux* à volonté. Si cette simultanéité-là n'existait pas, les horloges ne serviraient à rien. On n'en fabriquerait pas, ou du moins personne n'en achèterait. Car on n'en achète que pour savoir l'heure qu'il est ; et «savoir l'heure qu'il est» consiste à constater une 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, l'événement qui s'accomplit, quelque chose enfin qui n'est pas une indication d'horloge.

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, encore une fois, 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 l'événement E et l'indication de l'horloge H qui en est «voisine», 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.»

Je n'élève d'ailleurs aucune objection contre votre définition de la simultanéité, pas plus que je n'en élève contre la théorie de la Relativité en général. Les observations que je viens de présenter (ou plutôt d'esquisser, car je serais entraîné fort loin si je voulais leur donner une forme rigoureuse) ont un tout autre objet. Ce que je veux établir est simplement ceci : 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. Il reste à chercher jusqu'à quel point elle renonce à l'intuition, jusqu'à quel point elle y demeure attachée. Il reste à faire la part du réel et la part du conventionnel dans les résultats auxquels elle aboutit, ou plutôt dans les intermédiaires qu'elle établit entre la position et la solution du problème. En faisant ce travail pour ce qui concerne le Temps, on s'apercevra, je crois, que la théorie de la Relativité n'a rien d'incompatible avec les idées du sens commun.

M. Einstein. – La question se pose donc ainsi : Le temps du philosophe est-il le même que celui du physicien ? Le temps du philosophe, je crois, est un temps psychologique et physique à la fois ; or le temps physique peut être dérivé du temps de la conscience. 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 ; c'était une première étape vers la réalité objective. Mais il y a des événements objectifs indépendants des individus, et de la simultanéité des perceptions 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. Le concept de simultanéité a donc pu passer des perceptions aux objets. De là à déduire un ordre temporel dans les événements il n'y avait pas loin, et l'instinct l'a fait. Mais rien dans notre conscience ne nous permet de conclure à la simultanéité des événements, car ceux-ci ne sont que des constructions mentales, des êtres logiques. Il n'y a donc pas un temps des philosophes ; il n'y a qu'un temps psychologique différent du temps du physicien.

M. Meyerson. – Je voudrais demander à M. Einstein des éclaircissements sur deux points particuliers qui, d'ailleurs, se rattachent moins au fond de ses conceptions qu'à la manière dont celles-ci sont souvent présentées et aux conclusions que l'on semble vouloir en tirer.

Ainsi nous entendons souvent parler de l'univers à quatre dimensions en des termes laissant supposer que ces quatre dimensions sont d'une nature analogue. Or, il n'en est rien, bien entendu. Pour s'en rendre compte, il suffit de constater que l'espace, chez M. Einstein, n'étant point infini, nous devons, en continuant à nous mouvoir en ligne droite, après un temps très long évidemment (un milliard d'années, nous dit-on, à la vitesse-limite, qui est celle de la lumière), revenir au même endroit. Il est évident dès lors que, s'il devait en être

de même du temps, nous devrions, dans un avenir aussi éloigné que l'on voudra, retrouver le moment actuel. Ce serait alors la très ancienne conception de la Grande Année des premiers penseurs de la Grèce et notamment d'Héraclite, conception dont on retrouve des reflets chez des philosophes et des savants modernes, chez Nietzsche et chez M. Arrhenius, mais qui ici se présenterait avec toute l'ampleur et toute la rigueur que lui prêtaient les Anciens. Ce n'est pas du tout l'opinion de M. Einstein, dont l'univers est, comme vous le savez, «cylindrique», c'est-à-dire qu'il comporte une courbure pour les trois dimensions spatiales, alors que la quatrième dimension, celle du temps, en est exempte. Mais ne n'est pas seulement ce retour cyclique, même à très longue échéance, comme M. Einstein le prévoit pour l'espace, qui est impossible pour le temps, c'est – nous le savons tous – tout retour, toute marche en arrière. Nous nous mouvons dans le temps tout autrement que nous ne le faisons dans l'espace. Sans doute y a-t-il, depuis le principe de relativité, quelque chose de changé à cet égard. Le temps ne s'écoule plus uniformément pour tous, et si un voyageur revenait après une tournée accomplie à une vitesse d'un ordre approchant de celui de la lumière, sa montre ne serait point d'accord avec celles des gens restés sur place. Mais il y aurait pourtant une limite à cette divergence, car jamais ce voyageur ne pourrait rétrograder dans le temps. «On ne peut télégraphier dans le passé», nous dit fort justement M. Einstein, et le principe de l'entropie est, dans le prodigieux bouleversement qu'impose aux conceptions que nous croyions le plus fermement établies la théorie de la relativité, l'un des deux grands principes de l'ancienne physique qui restent debout ; l'autre étant, comme vous savez, celui de moindre action.

La véritable situation, à ce point de vue, me semble être la suivante. La mécanique einsteinienne implique la réversibilité. Mais ce n'est pas un trait qui lui soit propre ; tout au contraire, dans la mécanique classique, le phénomène apparaît également comme réversible. Dans les deux cas c'est d'ailleurs, très évidemment, une conséquence de notre tendance profonde à *spatialiser* le temps, tendance qui ici s'exprime par cette simple constatation que nous nous servons, pour le figurer, d'une durée numérique, – car tout nombre est susceptible d'être diminué aussi bien qu'accru. – Vous savez que, dans le domaine de la mécanique classique, l'irréversibilité s'obtient à l'aide de considérations de statistique. Elles peuvent évidemment être maintenues dans la mécanique einsteinienne. Peut-être pourra-t-on aussi, dans cet ordre d'idées, combiner, comme on l'a dit, au principe de la relativité l'hypothèse des *quanta*. En tout état de cause, il semble indiqué d'éviter, en ce qui concerne cette structure particulière de la dimension, toute équivoque et de parler d'un univers non pas à quatre

dimensions, mais plutôt de 3 + 1 dimensions, comme l'a fait du reste M. Weyl, mais en se rappelant que cette divergence n'a pas trait seulement au fait que, dans la formule de l'intervalle, la variable du temps se trouve précédée d'un signe différent de ceux des trois variables spatiales, mais encore, et même surtout, à ce fait de l'irréversibilité. Notre illustre invité nous a enjoint lui-même de considérer, par delà les symboles, les réalités physiques. Or, c'est ici une réalité au premier chef, car pas plus dans l'empire d'Einstein que dans celui de Newton nous ne marcherons à reculons ni ne digérerons avant d'avoir mangé.

La seconde question est un peu plus complexe. On représente assez généralement la théorie de la relativité comme étant l'accomplissement, la concrétisation en quelque sorte, du programme tracé par Mach. Cela est fort juste à certains égards, car, en ce qui concerne la parfaite relativité des mouvements dans l'espace, Mach a été en effet un de vos précurseurs authentiques. Vous m'excuserez de rappeler brièvement à mes collègues de la *Société de philosophie* de quoi il s'agit. Tout le monde connaît l'expérience du vase tournant de Newton : au début, c'est-à-dire alors que la paroi tourne déjà avec une grande vitesse, mais qu'elle n'a pas encore communiqué son mouvement à l'eau, la surface de celle-ci reste plane ; alors qu'ensuite le liquide, venant à tourner à son tour, s'élève vers les parois. C'est donc, conclut Newton, que le mouvement rotatif est un mouvement absolu, c'est-à-dire que, contrairement à celui qui est causé par l'attraction et qui dépend des masses, il dépend de l'essence intime de l'espace lui-même. C'est là ce qu'a contesté Mach. Pour lui, le mouvement de rotation dépend également des masses présentes dans l'espace. Si le mouvement centrifuge de l'eau est en apparence indépendant de la rotation des parois, c'est que la masse de celles-ci est relativement infime. «Personne ne pourrait dire ce qui arriverait si les parois devenaient de plus en plus massives jusqu'à atteindre, par exemple, une épaisseur de plusieurs kilomètres.» C'est sur ce point que la théorie de M. Einstein a précisé la conception de Mach. En effet, ici gravitation et mouvement inertiel, au lieu d'être entièrement séparés, comme chez Newton, se trouvent au contraire intimement combinés, et l'on arrive à calculer quelles seraient les masses qu'il faudrait mouvoir autour d'un corps pour provoquer chez lui des manifestations d'une force centrifuge perceptible à nos instruments de mesure.

Mais cet aspect de la théorie de Mach, pour si hautement intéressant qu'il soit, n'est point son aspect principal, et si l'on entend qualifier l'ensemble des conceptions de ce penseur de relativistes, c'est en pensant à tout autre chose qu'à la relativité de l'espace. Mach est,

en effet, avant tout un continuateur d'Auguste Comte. Pour lui, comme pour le fondateur du positivisme, la science n'est qu'un recueil de règles, de lois. Elle ne connaît et ne doit chercher à préciser que les rapports, les relations entre les choses et doit résolument écarter tout ce qui vise à la connaissance des choses elles-mêmes, connaissance que l'on déclare métaphysique. Vous savez, d'ailleurs, que le positivisme, dès les premiers disciples d'Auguste Comte, s'est souvent efforcé d'entrer en rapports étroits avec un idéalisme extrême (ainsi chez Taine, par exemple, avec la doctrine de Hegel), en reliant la non-recherche de la chose à sa non-existence en dehors de la conscience. Il ne faut donc point s'étonner, la confusion que favorise l'emploi du terme un peu ambigu de *relativité* aidant, de voir les partisans de cette doctrine chercher à s'appuyer sur les conceptions de M. Einstein, en proclamant que la relativité de l'espace prouve celle de notre connaissance dans tout ordre d'idées et nous montre, par conséquent, combien il serait vain de vouloir pénétrer dans l'intérieur des choses, ainsi que prétendent le faire les théories atomiques. C'est là, en effet, le véritable point crucial de la question entière. Comte, poussé par son puissant instinct scientifique, avait, par un illogisme heureux, déclaré l'atomisme une «bonne théorie». Mais déjà John Stuart Mill avait aperçu que, pour suivre les principes du positivisme avec plus de rigueur, il fallait faire abstraction de l'objet et chercher à établir des relations directes entre nos sensations, et Mach s'est montré résolument hostile aux théories atomiques. Pour lui, comme pour l'école énergétiste qui l'a suivi, l'idéal d'une science, c'est la thermodynamique, parce qu'elle a l'air de renoncer à toute figuration de la matière dont elle s'occupe et se borne à déduire ses énoncés de deux principes abstraits. Cette attitude s'est manifestée d'une manière très prononcée dans les dernières années du XIX^e siècle et au début du siècle actuel, lors des découvertes qui ont révélé la discontinuité de la matière et provoqué ainsi un retour vers les conceptions atomistiques. Aux yeux des énergétistes, cette puissante évolution, qui constituait manifestement un progrès immense du savoir, apparaissait comme un recul funeste. – Je ne chercherai pas ici à vous démontrer à quel point ces prétentions sur lesquelles, vous le savez, la science a passé résolument à l'ordre du jour, étaient vaines. Je me bornerai à constater qu'entre les conceptions de Mach dans cet ordre d'idées et la théorie de M. Einstein il ne semble y avoir aucun lien véritablement intime ni nécessaire. On peut fort bien être partisan de la relativité de l'espace et être convaincu néanmoins, comme l'avait déjà établi Malebranche, qu'aucune science n'est possible sans que l'on pose, préalablement, l'objet demeurant en dehors de la conscience, et que, par conséquent, la science ne saurait se dispenser de préciser comment elle conçoit cet

objet, à travers les modifications qu'impose à cette image le progrès de notre savoir. Il me semble, d'ailleurs, que l'attitude de M. Einstein lui-même confirme cette manière de voir. En effet, cette évolution vers l'atomisme dont j'ai parlé tout à l'heure et qui a tant déplu aux énergétistes bon teint, M. Einstein y a puissamment contribué. En 1905, en même temps presque que ses premiers travaux sur la relativité, il a publié un travail où, sans connaître les résultats de Gouy ni, en général, le mouvement brownien, il a déterminé l'amplitude du mouvement moléculaire, et ses formules ont été ensuite, comme on sait, utilisées par M. Perrin. De même, lors du *Conseil de physique* de 1911, alors qu'à l'égard des phénomènes du rayonnement noir, si étranges, si embarrassants pour la physique atomique, une attitude purement phénoméniste avait été expressément suggérée aux assistants, M. Einstein a tout au contraire insisté avec beaucoup de clarté et de vigueur sur la nécessité de représenter ce que nous connaissons de ces phénomènes «sous une forme concrète», c'est-à-dire par une figuration dans l'espace et à l'aide d'un mécanisme qui soit véritablement en mesure d'expliquer les constatations ; il a, en outre, fait ressortir que cette image devait être aussi complète et aussi cohérente que possible et a signalé les difficultés et les invraisemblances auxquelles on se heurte dans cet ordre d'idées en adoptant l'hypothèse de M. Planck. Je ne crois donc pas trop m'avancer en supposant que M. Einstein lui-même est loin de partager, dans ce domaine, les opinions de Mach. Mais je crois que, devant l'intérêt tout particulier que présente cette question, non seulement au point de vue de la théorie de notre savoir scientifique, de l'épistémologie, mais encore à celui de la philosophie en général, et étant donnée aussi la possibilité de la confusion dont j'ai parlé, des éclaircissements de la bouche de l'auteur même de la théorie de la relativité seraient très utiles.

M. Einstein. – Dans le continuum à quatre dimensions il est certain que toutes les directions ne sont pas équivalentes.

D'autre part il ne paraît pas y avoir grande relation au point de vue logique entre la théorie de la relativité et la théorie de Mach. Pour Mach il y a deux points à distinguer : d'une part, il y a des choses auxquelles nous ne pouvons pas toucher ; ce sont les données immédiates de l'expériences ; d'autre part, des concepts que nous pouvons au contraire modifier. Le système de Mach étudie les relations qui existent entre les données de l'expérience ; l'ensemble de ces relations c'est, pour Mach, la science. C'est là un point de vue mauvais ; en somme, ce qu'a fait Mach, c'est un catalogue et non un système. Autant Mach fut un bon mécanicien, autant il fut un

déplorable philosophe. Cette vue courte sur la science le conduisit à rejeter l'existence des atomes. Il est probable que si Mach vivait encore aujourd'hui, il changerait d'avis. Je tiens pourtant à dire que, sur ce point : les concepts peuvent changer, – je suis en complet accord avec Mach.

M. Piéron. – Je voudrais, à propos de la confrontation tentée par M. Bergson de la durée psychologique et du temps einsteinien, signaler qu'il existe des cas où cette confrontation est expérimentalement réalisée, quand le psycho-physiologiste étudie, par une méthode scientifique, les impressions de durée, de succession, de simultanéité.

Or, depuis fort longtemps, les astronomes avaient déjà reconnu qu'il était impossible de se fonder sur la simultanéité psychologique pour déterminer avec précision une simultanéité physique, quand il s'agissait, par la méthode de l'œil et de l'oreille, de préciser la position d'une étoile dans le réticule d'une lunette au moment du battement d'un pendule. C'est bien là le type de l'expérience concrète signalée par M. Bergson pour montrer l'intervention possible des impressions de durée dans les déterminations relatives au temps physique.

Or, nous savons qu'il est physiologiquement impossible d'obtenir une traduction mentale exacte d'une simultanéité physique entre des impressions sensorielles hétérogènes. En effet, la latence de transformation de l'excitant extérieur en influx nerveux et le temps de propagation de cet influx, changent avec les régions du corps et les organes des sens mis en jeu, sans compter les variations cérébrales, complexes et irrégulières. Mais il y a plus : supposons que deux points symétriques de la rétine reçoivent une impression lumineuse ; il semble que, dans ces conditions, la simultanéité perçue sera un indice certain, dans les limites d'une approximation donnée, de simultanéité physique. Or il suffit que les impressions lumineuses aient une intensité différente pour qu'il n'en soit rien. J'ai pu déterminer une différence des intensités telle que l'excitation lumineuse la plus faible, précédant physiquement la plus forte de quelques centièmes de seconde, soit en réalité perçue nettement comme postérieure. Ainsi les déterminations de succession ou de simultanéité psychologique ne peuvent en aucun cas être utilisées pour une mesure de temps physique, qui exige une traduction spatiale, suivant une règle scientifique qu'a justement bien mise en lumière M. Bergson. C'est par la coïncidence ou la non-coïncidence de traits laissés par des appareils-sigaux sur une surface animée d'un mouvement plus ou moins rapide que nous jugeons de la simultanéité physique, en tenant compte de toutes les corrections utiles. Pour ces mesures de temps,

comme pour toutes les autres, c'est l'acuité visuelle qui intervient. Et ainsi la durée bergsonienne me paraît devoir rester étrangère au temps physique en général et particulièrement au temps einsteinien.

M. Bergson. – Je suis entièrement d'accord avec M. Piéron : la constatation psychologique d'une simultanéité est nécessairement imprécise. Mais, pour établir ce point par des expériences de laboratoire, c'est à des constatations psychologiques de simultanéité – imprécises encore – qu'il faut recourir : sans elles ne serait possible aucune lecture d'appareil.