

NOTAS DE FÍSICA

VOLUME XIV

Nº 3

REFLEXIONS SUR L'IRREVERSIBILITE TEMPORELLE

par

R. Lestienne

CENTRO BRASILEIRO DE PESQUISAS FÍSICAS

Av. Wenceslau Braz, 71

RIO DE JANEIRO

1968

## REFLEXIONS SUR L'IRREVERSIBILITE TEMPORELLE

R. Lestienne  
Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas  
Rio de Janeiro, Brésil

(Reçu le 6 Août 1968)

AVANT-PROPOS

L'immense complexité des problèmes soulevés par l'irréversibilité temporelle, tels qu'ils se posent aux physiciens théoriciens, ne nous permet pas de prétendre à un traité complet de cette question. Mais seulement, en physicien soucieux de ne point trop s'habituer aux concepts les plus fondamentaux, nous avons essayé de suivre les grandes lignes de la pensée philosophique et scientifique que des opinions autorisées ont tracées avant nous. Aussi bien, la tournure personnelle de certaines de nos réflexions ne doit-elle tromper personne; assimiler, c'est avant tout faire nôtre, c'est-à-dire traduire et achever pour nous ce qui déjà était achevé dans la pensée des autres...

Nous avons divisé notre étude en quatre parties, dont la première seule, qui situe le problème dans son contexte philosophique, est présentée ici. Les trois autres parties, consacré

es successivement à la notion d'entropie, à divers aspects du théorème H et à l'irréversibilité des processus de mesure, seront publiées par la suite dans la même revue.

Nous sommes heureux de remercier le "Conselho Nacional de Pesquisas" et le "Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas" pour leur hospitalité, ainsi que le Professeur J. Leite Lopes pour ses constants encouragements. Ce travail n'aurait pas vu le jour sans la Loi Française du 6 Juillet 1966 sur le service national de coopération. Enfin, nous adressons nos remerciements à Mademoiselle Morgana Tavares pour son excellent travail de dactylographie.

\* \* \*

## INTRODUCTION

La loi de l'accroissement de l'entropie, telle qu'elle se dégage de l'observation des systèmes macroscopiques, donne à la théorie physique un support précis pour caractériser l'évolution du monde matériel. Les choses ne durent pas, elles évoluent: leur passé se distingue de leur avenir par l'accroissement de leur entropie.

L'accroissement de l'entropie des systèmes matériels n'est pas, cependant, à la source même de notre entendement des mots: temps, durée, irréversibilité; ces notions sont essentiellement d'ordre psychologique. C'est, du moins, ce que nous essayerons de souligner au cours de nos premières réflexions. Certes, no-

tre appréhension du temps, comme notre perception de l'espace, s'affirme et se précise dans notre dialogue avec la nature. Mais, à la différence de la construction de l'espace, essentiellement empirique, l'appréhension du temps précède l'expérience: elle est la condition nécessaire de la connaissance, la marque propre de l'intelligence.

Ayant souligné l'essence psychologique de la dimension temporelle, nous nous posons nécessairement la question de la signification de la loi de l'accroissement de l'entropie. Peut-elle avoir, a-t-elle une valeur objective ? Effectivement, la théorie physique se présente, de nos jours, comme un ensemble de lois élémentaires dont aucune n'assigne de sens particulier à l'évolution des phénomènes. A cette réversibilité fondamentale des lois élémentaires se superpose l'irréversibilité des évolutions globales, empiriquement constatée et physiquement formulée dans le second principe de la thermodynamique. Il y a là un paradoxe: est-il possible de le lever ?

La question, certes, n'est pas nouvelle. Des réflexions anciennes de Boltzmann aux travaux des théoriciens modernes, nous essaierons de faire un rapide bilan de cent années de recherches, nous efforçant notamment de souligner en quel sens l'avènement de la mécanique quantique a pu renouveler le problème.

Nos réflexions n'épuiseront pas les connections entre irréversibilité psychologique et irréversibilité physique. D'autre part la détermination de l'entropie n'est peut-être pas la seule

manière possible de distinguer entre passé et avenir en physique. Les recherches entreprises sur une possible violation du principe du renversement du temps dans les phénomènes élémentaires nous donneront peut-être une autre méthode pour cela. Une telle découverte n'enlèverait rien à l'importance de l'entropie, car c'est celle-ci qui traduit notre expérience commune du "vieillissement" des choses, mais elle n'en renouvelerait pas moins le problème des relations entre le temps de l'esprit et le temps des choses.

\* \* \*

## I. TEMPS ET ESPACE

### I-1. Primauté et obscurité du concept de temps

La notion de temps, jointe à celle d'espace, occupe une place privilégiée dans notre dialogue avec l'extérieur. Très précisément, ces notions nous permettent d'ordonner nos perceptions en une représentation du monde. C'est dire qu'elles se trouvent impliquées à la source de la Physique: rien, sans doute, n'illustre mieux cette vérité que la constatation que toute mesure n'est jamais, en définitive, qu'une comparaison avec des étalons de masse, de longueur ou de temps.

Ce rôle primordial, primitif, joué par la notion de temps ne rend que plus difficile son exacte appréhension. "Qu'est-ce en effet que le temps ?", se demandait déjà Saint Augustin.<sup>1</sup> "Qui serait capable de l'expliquer facilement et brièvement ? Qui peut le concevoir, même en pensée, assez nettement pour exprimer par

des mots l'idée qu'il s'en fait ? Est-il cependant notion plus familière et plus connue dont nous usions en parlant ? Quand nous en parlons, nous comprenons sans doute ce que nous disons; nous comprenons aussi, si nous entendons un autre en parler.

"Qu'est-ce donc que le temps ? Si personne ne me le demande, je le sais; mais si on me le demande et que je veuille l'expliquer, je ne le sais plus ..."

Douze siècles plus tard, Pascal<sup>2</sup> préférait encore éviter le débat; "Il n'y a rien de plus faible que le discours de ceux qui veulent définir les mots primitifs". Il n'avait que partiellement raison. Car, faute d'une pénétrante analyse, la physique et la philosophie se sont égarées dans des généralisations hâtives, créant des systèmes exagérément anthropocentriques ou excessivement matérialistes. Ainsi se sont figées des distinctions et créées des confusions dont nous avons aujourd'hui encore grand-peine à nous défaire.

## I-2. La philosophie de Newton: primauté et objectivité des concepts de temps et d'espace

Le système de Newton a conditionné, pour une large part, le développement de la science du dix-septième au vingtième siècle. Elle a permis cette grande systhèse scientifique que, vers les années 1880, on croyait proche de l'achèvement.

L'intuition de Newton fut de considérer comme objectives, pour les relier entr'elles, les notions de matière, de force

("cause et effet des mouvements vrais"), de mouvement "vrai" (par rapport à l'espace absolu), d'espace et de temps "absolus". La mécanique newtonnienne présuppose donc l'espace et le temps, elle leur attribue même une existence réelle indépendante de celle de la matière: "l'espace absolu, dans sa propre nature, sans référence à quoique ce soit d'extérieur, reste toujours pareil à lui-même et immuable ... Le temps absolu, véritable et mathématique, de lui-même et par sa propre nature s'écoule uniformément indépendamment de quoique ce soit d'extérieur, et est équivalentement appelé durée" <sup>3</sup>. La justification de Newton à cette double qualité de primauté et d'existence est dès lors nécessairement métaphysique: durée et espace sont des suites immédiates et nécessaires de l'existence de Dieu, de son éternité et de son omniprésence.

Les qualités de primauté et d'existence objective, attribuées à l'espace et au temps, étaient-elles nécessaires à l'élaboration de la mécanique newtonnienne ? La réponse à cette question dépend évidemment de ce que l'on entend par "réalité objective", par rapport à la réalité de la matière. Certes, comme l'écrit Einstein <sup>4</sup>, "dans la Loi du mouvement de Newton figure la notion d'accélération, et l'accélération dans cette théorie ne peut que signifier que l'accélération par rapport à l'espace." Certes encore, selon le même auteur, la définition de la métrique euclidienne est effectivement indépendante de la matière et définit un vide doué de propriétés géométriques, par opposition à la métrique de la relativité générale ( $ds^2 = g_{\mu\nu} dx^\mu dx^\nu$ ) de laquel-

le, sans référence à la matière, il ne reste rien. Cependant, comme Newton lui-même l'a fait remarquer, la notion d'un espace absolu reste artificielle en ceci qu'aucune expérience physique, dans le système de Newton, ne permet de décider si le système de référence choisi est en repos ou en mouvement rectiligne uniforme par rapport à l'espace absolu (principe de relativité galiléenne). Mais, plus encore, la nécessité d'un temps absolu fait-elle question. Car qu'est-ce qu'un espace, une fois vidé de matière et évoluant cependant dans le temps, si ce n'est un espace pensé ?

En conclusion, disons que l'existence de l'espace et du temps, en tant qu'entités mesurables (par différences) s'impose comme condition "à priori" de la mécanique newtonnienne. Que la conception d'un espace absolu est impliquée, non dans les lois de la mécanique elles-mêmes, mais dans la chaîne logique de leur construction. Que l'existence d'un temps absolu, enfin, "sans référence à quoique ce soit d'extérieur" (matière ou esprit), est artificielle et ne s'impose pas. La spécificité du temps par rapport à l'espace est ainsi implicitement affirmée. La métrique euclidienne de l'espace de Newton, rappelons-le, n'a que trois dimensions.

### I-3. Kant: primauté et subjectivité du concept de temps

Un siècle après Newton, Kant souligne cette primauté du temps et de l'espace, déjà reconnue par le fondateur de la mécanique. Mais au lieu de leur attribuer une existence objective (métaphysiquement garantie), il met en lumière leur caractère subjectif:

"Le temps n'est pas quelque chose qui existe en soi, ou qui soit inhérent aux choses comme une détermination objective, et qui par conséquent, subsiste, si l'on fait abstraction de toutes les conditions subjectives de leur intuition; dans le premier cas, en effet, il faudrait qu'il fût quelque chose qui existât réellement sans objet réel. Mais dans le second cas, en qualité de détermination d'ordre inhérent aux choses elles-mêmes, il ne pourrait être donné avant les objets comme leur condition, ni être connu et intuitionné à priori par des propositions synthétiques; ce qui devient facile, au contraire, si le temps n'est que la condition subjective sous laquelle peuvent trouver place en nous toutes les intuitions. Alors, en effet, cette forme de l'intuition intérieure peut être représentée avant les objets et, par suite, à priori." <sup>5</sup>

Ainsi le temps, et également l'espace, deviennent chez lui deux formes à priori de la sensibilité, ou mieux de notre mode d'intuition. Par là même ils sont antérieurs et supérieurs à l'expérience.

Pour Kant, cependant, le parallèle entre le temps et l'espace est limité: une analyse plus profonde révèle une hiérarchie entre l'espace et le temps. "L'espace, en tant que forme pure de l'intuition extérieure, est limitée, comme condition à priori, simplement aux phénomènes externes. Au contraire (...) le temps est une condition à priori de tous les phénomènes en général, et à la vérité, la condition immédiate des phénomènes in-

térieurs (de notre âme), et, par là même, la condition médiate des phénomènes extérieurs." <sup>5</sup> Et ailleurs: "Le temps est une représentation nécessaire que sert de fondement à toutes les intuitions. On ne saurait exclure le temps lui-même par rapport aux phénomènes en général, quoiqu'on puisse fort bien faire abstraction des phénomènes dans le temps. Le temps est donc donné à priori. En lui seul est possible toute réalité des phénomènes." <sup>6</sup>

Ainsi, au centre de la conception excessivement objective de l'espace et du temps, qui était celle de Newton, Kant a remplacé l'homme, en tant que centre de perception. Il faut cependant se garder de croire que Kant ait relégué le temps et l'espace au rang des illusions ou des simples sensations subjectives. Kant s'en défend dans le passage suivant: "Le temps n'est donc qu'une condition subjective de notre (humaine) intuition (qui est toujours sensible, c'est à dire qui se produit en tant que nous sommes affectés par les objets), et il n'est rien en soi en dehors du sujet. Il n'en est pas moins nécessairement objectif par rapport à tous les phénomènes, par suite, aussi, par rapport à toutes les choses qui peuvent se présenter à nous dans l'expérience." <sup>6</sup> Bien que nous ne soyons pas certains que Kant l'ait explicitement exprimé, il nous semble que ce qui, dans la pensée de Kant, garantit cette objectivité du temps "par rapport à tous les phénomènes", c'est l'identité des expériences individuelles face aux phénomènes. Le monde ne serait pas connu de nous, si nous n'avions d'abord l'intuition de la durée. Mais d'autre

part la durée doit être objective, puisque l'expérience des phénomènes nous est commune. Ainsi, le critère de l'objectivité n'est pas la matérialité, c'est-à-dire l'indépendance par rapport à tout observateur, mais l'indépendance par rapport au choix de l'observateur.

#### I-4. De Kant à Bergson: Augustin Cournot

C'est à tort, nous semble-t-il, qu'en ce qui concerne l'analyse du temps et de l'espace, Cournot ne soit pas aussi volontiers cité que Kant ou Bergson, entre lesquels le mathématicien et philosophe français tout naturellement s'intercale, non seulement comme témoin de son siècle, mais encore comme trait d'union entre les deux pensées. Son analyse, en effet, parachève l'une et annonce l'autre. Après avoir souligné l'analogie et la commune primauté des notions de temps et d'espace, Cournot met en relief l'originalité et la primauté de la notion de temps, par rapport à celle d'espace. En vérité, selon lui, seul le temps est intuition pure, et la notion d'espace, mêlée d'empirisme, lui est soumise:

"Qui dit analogie ne dit pas symétrie parfaite; et au point de vue de la raison, l'idée de temps précède et domine nécessairement l'idée d'espace ... L'idée d'espace ne s'acquiert que par le mouvement, par l'exploration successive des parties de l'étendue; elle présuppose donc intrinsèquement l'idée ou la conscience de la durée, quelque obscure ou rudimentaire que celle-ci puisse demeurer, en vertu du plan de l'organisation animale.

Donc, lorsque nous déroulons le système de nos idées, il faut que l'idée de temps vienne s'intercaler entre les conceptions purement rationnelles et celles qui impliquent la notion d'espace." <sup>7</sup>

Et, pour souligner encore les rapports existant entre le temps, l'espace et notre représentation du monde, Cournot ajoute cette phrase, aux résonances profondément bergsonniennes: "Nous alignons pour ainsi dire les phénomènes successifs, afin d'en avoir une image".

#### 1-5. Le temps chez Bergson

A travers Newton, Kant, Cournot, nous avons assisté à l'élaboration progressive d'une véritable analyse de la notion de temps, cependant que se précisait la dichotomie temps-espace. En fait, nous avons vu clairement se dessiner l'affirmation de la Primauté Absolue de l'intuition de la durée, comme condition nécessaire non seulement de la pensée mais de la perception. Il reviendra à Bergson d'affirmer cette primauté et d'en détailler les modalités.

Le programme de Bergson a comporté, du point de vue qui nous occupe, trois paliers successifs. Il s'agissait d'abord de dégager la durée pure des notions annexes, des images ou expressions empruntées à l'espace, avec lesquelles elle est souvent confondue ou mêlée. Ensuite, d'établir les rapports essentiels de la durée pure avec la faculté de mémoire, et, par l'étude du rôle de celle-ci dans la perception, de montrer comment la perception implique la durée. Enfin, au terme de ces réflexions, de reconnaître dans

cette durée, toute psychologique, la faculté de création: "Le temps est invention ou il n'est rien du tout" <sup>8</sup>. Notre propos ne nous oblige pas, cependant, de nous élever avec Bergson jusqu'à cet ultime sommet. Il suffit que, nous arrêtant en chemin, nous considérions avec lui la durée pure, et que, l'ayant débarassée de sa gangue, nous la découvrons comme seule "donnée immédiate de la conscience".

La séparation de l'espace et du temps, notamment dans l'idée de mouvement, occupent une grande place dans l'oeuvre de Bergson. Les citations que l'on va lire soulignent la difficulté de cette entreprise, difficulté liée, sans doute, au fait que l'appréhension du temps et la perception de l'espace se forment dans l'interaction réciproque de l'intelligence de l'enfant avec le monde extérieur, en un temps dont la mémoire nous fait défaut.

Tout d'abord, pour Bergson, on a tort de se représenter le temps comme une succession "qui prend pour nous la forme d'une ligne continue ou d'une chaîne", comme "quelque chose d'analogue à l'espace, mais de nature plus simple". Au contraire la durée pure est de nature plus complexe que l'espace, car elle implique la perception simultanée de l'avant et de l'après, du passé dans le présent. "Mais familiarisés avec l'idée [de l'espace], obsédés même par elle, nous l'introduisons à notre insu dans notre représentation de la succession pure; nous juxtaposons nos états de conscience de manière à les apercevoir

simultanément, non plus l'un dans l'autre, mais l'un à côté de l'autre." <sup>9</sup> Pour éclairer cette analyse, Bergson a recours à une image: Soit, écrit-il, "une ligne droite, indéfinie, et sur cette ligne un point matériel A qui se déplace. Si ce point prenait conscience de lui-même, il se sentirait changer, puisqu'il se meut: il apercevrait une succession; mais cette succession; mais cette succession revêtirait-elle pour lui la forme d'une ligne? Oui, sans doute, à condition qu'il pût s'élever en quelque sorte au-dessus de la ligne qu'il parcourt et en apercevoir simultanément plusieurs points juxtaposés: mais par là même il formerait l'idée d'espace, et c'est dans l'espace qu'il verrait se dérouler les changements qu'il subit, non dans la pure durée" <sup>9</sup>. Mais la durée pure est difficile à saisir. Car si nous nous absorbons tout entier dans la sensation ou l'idée qui passe, nous les fixons, nous leur ôtons la durée. Et si au contraire nous nous efforçons de comparer les instants successifs, nous les séparons, nous les juxtaposons à l'état actuel comme un point à un autre point, nous les projetons dans l'espace.

Ainsi, conclut Bergson, "la durée toute pure est la forme que prend la succession de nos états de conscience quand notre moi se laisse vivre" <sup>9</sup>.

La notion temporelle concerne donc spécifiquement l'esprit. C'est peut-être ici le lieu de citer un autre philosophe et épistémologue contemporain: "L'aspect particulier du temps", écrit Reichenbach, par rapport à l'espace, "se manifeste en ce-

ci que l'ordre du temps est possible dans un contexte qui n'a pas d'ordre spatial, je veux dire le monde des expériences psychiques de chaque homme. Voilà la raison pour laquelle on doit accorder à l'expérience du temps une place antécédente parmi les expériences conscientes, plus immédiate encore que l'expérience de l'espace. Il n'y a pas en vérité d'expérience de l'espace au sens même où nous expérimentons la fuite du temps pendant notre vie. L'expérience du temps apparaît étroitement liée à l'expérience de l'ego ..." <sup>10</sup>

La relation entre cette intuition de la durée vécue et la mémoire est manifeste. Examinons donc, avec Bergson, le rôle joué par cette dernière dans la perception.

La perception concrète, selon Bergson, est une fonction complexe qui superpose à l'intuition immédiate, que l'on pourrait appeler perception pure, une nappe de souvenirs: de telle manière que nous ne percevons pas l'objet dans sa réalité toute entière, mais dans l'action possible que nous pouvons exercer sur lui. Car, en dernière analyse, "nous mesurons pratiquement le degré de réalité au degré d'utilité" <sup>11</sup>.

"Il est incontestable", argumente Bergson, "que le fond d'intuition réelle, et pour ainsi dire instantanée, sur lequel s'épanouit notre perception du monde extérieur est peu de chose en comparaison de tout ce que la mémoire y ajoute" <sup>11</sup>. Car "dans la perception concrète la mémoire intervient, et la subjectivité des qualités sensibles tient justement à ce que notre cons-

cience, qui commence par n'être que mémoire, prolonge les uns dans les autres, pour les contracter dans une intuition unique, une pluralité de moments" <sup>12</sup>.

La mémoire intervient donc dans la perception, et elle intervient à un double niveau: d'abord, parce qu'aux données immédiates et présentes de nos sens nous mêlons mille et mille détails de notre vie passée," <sup>13</sup> (grâce auxquels, précisément, nous saisissons dans l'objet son utilité potentielle, l'action naissante de notre corps sur lui); et ensuite, parce que "si courte qu'on suppose une perception, elle occupe toujours une certaine durée, et exige par conséquent un effort de mémoire, qui prolonge les uns dans les autres une pluralité de moments" <sup>13</sup>.

"Ces deux actes, perception et souvenir" conclut Bergson, "se pénètrent donc toujours, échangent toujours quelque chose de leur substance par un phénomène d'endosmose" <sup>11</sup>. La distinction entre perception pure et mémoire est donc dialectique; et si Bergson insiste pour qu'on impute une différence de nature, et non seulement une différence d'intensité, entre perception et souvenir, c'est pour admettre aussitôt que la distinction entre les deux termes s'impose davantage en droit qu'en fait. Car "en fait, la perception "pure", c'est-à-dire instantanée, n'est qu'un idéal, une limite. Toute perception occupe une certaine épaisseur de durée, et par là même participe de la mémoire" <sup>14</sup>.

Ainsi peut se résumer, croyons-nous, la théorie bergsonienne

de la perception. Mais nous pourrions, semble-t-il, pousser cette analyse un pas plus loin encore. Car dans notre dialogue avec la nature, et particulièrement pour notre élaboration de la théorie physique, ce n'est pas les perceptions pures et individuelles qui importent, mais bien la représentation, c'est à dire la perception complexe et organisée. Or cette représentation, fût-elle instantanée, est toute entière soumise à la mémoire. Notre représentation, en effet, est principalement visuelle. En tant que preuve et organisation de la réalité extérieure, celle-ci naît de l'accord entre les perceptions visuelles et les perceptions tactiles, ou, plus généralement, -et pour parler un langage bergsonnien-, de l'expérience des actions possibles de notre corps sur les images. Mais dans les deux cas, elle implique la durée. Car les sensations visuelles et tactiles n'ont, au fond, que peu de rapports, et leur confrontation, si on la réduit à une succession d'instantanés sans liens entre eux, ne peut quère nous renseigner. Et l'expérience du pouvoir que nous avons sur les images implique au premier chef une comparaison du passé dans le présent, c'est-à-dire la faculté de mémoire ...

#### 1-6. Le temps et la psychologie de l'enfance

Ainsi se trouve-t-on ramené à interroger les profondeurs de notre première enfance. Et comme notre propre mémoire nous fait nécessairement défaut, nous devons nous tourner vers la psychologie expérimentale. Les conclusions de J. Piaget <sup>15</sup>,

de M. J. Guyau <sup>16</sup>, de R. Wallis <sup>17</sup> attribuent bien à la durée un rôle fondamental dans la construction du monde de l'enfant. Mieux même, pourrait-on dire: selon eux, primitivement il n'y a que le temps, ou, plus précisément, que l'attente. C'est de l'angoisse avant le contact buccal désiré, de l'intervalle conscient entre le besoin et la satisfaction, de la distance entre la coupe et les lèvres que l'enfant dérive le monde extérieur. En particulier l'espace doit-il naître de cette attente, car primitivement il n'est que la distance interposée entre un désir révélé par la vue et le mouvement musculaire nécessaire pour l'atteindre.

Ainsi l'intuition de la durée apparaît-elle bien être la donnée primitive sans laquelle aucune représentation consciente ne serait possible.

### I-7. La thèse des temps multiples

Les ouvrages qui traitent du problème du temps commencent fréquemment par une distinction entre plusieurs sortes de temps: selon ces auteurs, le temps dont nous avons parlé ne serait, en vérité, que le temps intérieur, psychique, c'est-à-dire un temps particulier qu'il convient de ne pas confondre avec le temps physiologique <sup>18</sup> ou le temps physique.

La possibilité d'une telle distinction est bien mise en lumière par l'énoncé du paradoxe de Langevin: un homme qui partirait faire un voyage dans l'espace à bord d'un vaisseau très ra

pide reviendrait-il plus jeune que son frère jumeau resté sur terre ? Ce n'est pas la réponse qui importe ici <sup>19</sup>, mais la possibilité d'une telle question, ou l'on laisse entendre que le temps physiologique pourrait bien ne pas suivre les lois de la physique.

Il est vraisemblable que le tryptique temps conscient - temps physiologique - temps physique se réduise à deux termes; le concept de temps physiologique semble un concept bâtard participant des deux autres, et pourrait même, en tant que mesure de la dégradation de certains systèmes particulièrement complexes (les organismes vivants), c'est-à-dire en tant que mesure de leur entropie, se réduire au temps de la physique. De toutes manières, c'est la dualité temps physique - temps conscient qui doit au premier chef attirer notre attention: quels rapports ces deux concepts entretiennent-ils entr'eux ?

Une communauté d'origine, d'abord. Les réflexions précédentes ont montré que toute notre représentation du monde s'appuyait, en fait, sur l'intuition de la durée, telle qu'elle est vécue. Certes, le temps de l'enfant est tout intérieur et qualitatif; et il y a loin de ce temps intérieur au temps "social", communicable, qui émergera plus tard de la confrontation de ses expériences personnelles avec celles des autres, et au temps physique qui en est la version codifiée: il n'en est pas moins vrai que tous ces temps prennent racine dans le temps de la conscience, et l'on ne doit pas oublier que, pour cette raison, ils lui sont solidaires. Car c'est bien la même perception de la durée, en tant qu'el

le caractérise la succession de mes états de conscience, dont je me sers pour ordonner la succession des figures de l'espace.

Solidarité, mais non identité. Par opposition au temps-mémoire, qui est prolongement du passé dans le présent, immensurable par essence, le temps de la physique s'est enrichi des découvertes qui l'ont rendu possible: le rythme, le mouvement, l'espace. Grâce à elles, il est devenu mesurable; avec elles, il s'est compliqué, diversifié, et, si l'on peut dire, spécialisé. Dans nombre de problèmes, il n'intervient que comme un paramètre désignant non un temps, mais un instant sans durée. C'est le temps  $t$ , qui a pour effet de figer la réalité mouvante en un instantané photographique. Et lorsqu'on considère les temps  $t_1$ ,  $t_2$ , ..., lorsqu'on compte des rythmes révolus, ou que l'on mesure des espaces parcourus, on assiste à une succession de tableaux et de figures sans continuité apparente. C'est le temps-longueur, à qui Bergson reproche de ne rendre compte "ni de la succession dans ce qu'elle a de spécifique, ni du temps dans ce qu'il a de fluent"<sup>20</sup>. Dans d'autres problèmes, au contraire, on essaye de retenir la durée pour elle-même. C'est précisément dans ce sens que le temps intervient dans l'énoncé de la loi de la croissance de l'entropie: "l'entropie d'un système isolé croît au cours du temps". Le temps, ici, implique bien la durée, il évoque une évolution, une progression; quant à l'entropie, elle n'est pas la durée, mais un moyen de la mesurer dans ses effets sur la matière. La loi de son accroissement n'est donc pas, à priori, tautologique; mais le choix de l'accroissement de l'entropie comme phénomène représentatif du temps rend à celui-ci son

véritable sens progressif.

En somme, il y a donc lieu de distinguer entre plusieurs types de temps physiques, selon le phénomène que l'on choisit pour le représenter, et selon les qualités extrinsèques que ce dernier lui communique.

Les temps de la physique sont des traductions libres, au niveau des phénomènes, du temps de la conscience. Comme traductions, ils sont liés à l'original; il est suggestif, à cet égard, de remarquer que toutes les horloges de la nature, qu'elles soient basées sur le mouvement ou sur le second principe de la thermodynamique <sup>21</sup>, suivent la même loi de transformation en relativité restreinte, comme si cette loi illustrait leur lien de solidarité. En tant que traduction libre au niveau des phénomènes, il est possible qu'ils se soient enrichis, par rapport à l'original, de quelque qualité nouvelle appartenant en propre aux phénomènes. Ainsi du mouvement, lorsqu'il est pris comme phénomène représentatif du temps. "Il y a deux éléments à distinguer dans le mouvement, l'espace parcouru et l'acte par lequel on le parcourt, les positions successives et la synthèse de ces positions. Le premier de ces éléments est une quantité homogène; le second n'a de réalité que dans notre conscience" <sup>22</sup>. Ainsi, disions-nous, de l'entropie: la seconde loi de la thermodynamique ajoute à l'idée de temps une qualité intrinsèque de la nature, une durée objective. A la durée consciente, qui certes existe pour moi, elle juxtapose une durée propre aux choses; de sorte qu'il y a non plus une, mais deux

durées: celle que je vis et celle que les choses vivent. Mais n'est-ce pas là illusion ? Cette durée des choses, n'est-elle pas en réalité la projection de notre propre durée, ou, pour mieux dire, de notre propre mode intellectuel d'appréhender le monde, et de sa soumission aux mécanismes de la mémoire ?

### I-8. Durée et relativité

Les notions d'espace et de temps, disions-nous au début de ce chapitre, nous permettent d'ordonner nos perceptions en une représentation du monde. Avant donc que d'accepter la théorie physique comme une théorie de la nature "en soi", il est conforme à l'histoire, à la probité intellectuelle et à l'intérêt didactique de la considérer d'abord comme une théorie de la représensation.

Ce faisant, nous n'ouvrons pas la porte à l'arbitraire et au subjectif; mais nous donnons au mot objectif un sens plus kantien. Au lieu que, pour une théorie "réaliste" de la nature, est objectif ce qui ne dépend pas de la présence ou de l'absence d'un observateur, nous déclarons objectif ce qui ne dépend pas du choix de l'observateur placé au coeur de la représentation. Pouvons-nous, d'ailleurs, aller réellement plus avant ? Il semble que nous ne puissions pas, sans nous contredire, accepter comme vrais tous les axiomes de la mécanique quantique, et comme objectifs, dans le premier sens, les phénomènes qui leur sont soumis <sup>23</sup>.

Cette façon de concevoir la théorie physique a le mérite di

dactique de nous introduire d'emblée dans la relativité; la notion de temps propre, fondamentale dans la théorie, d'étrange devient naturelle; à chaque système de référence il faut associer un temps, exactement dans la même mesure qu'au centre de chaque représentation il y a un moi et que rien ne me prouve, à priori, que ma façon d'ordonner le monde dans le temps et dans l'espace soit identique à celle d'un autre placé ailleurs. C'est là, en fait, affaire d'expérience et de réflexion sur nos critères d'organisation. On sait quel rôle la notion d'observateur a joué dans la critique einsteinnienne de la simultanéité.

De même, la relativité du temps et de l'espace semble-t-elle plus naturelle, si l'on se rappelle que l'espace n'est pas immédiatement donné, mais qu'il est construit par l'enfant à partir de la durée, et que la distance d'un objet n'est d'abord que la durée de l'attente nécessaire pour l'atteindre.

Nous ne faisons pas l'erreur de croire que notre représentation du monde consiste seulement à ventiler les objets dans l'espace, en cercles concentriques d'impatience, et à les situer dans l'ordre temporel selon l'ordre même de nos perceptions conscientes; cette ébauche de représentation, si elle joue certainement un rôle historique, ne répond pas au critère d'objectivité énoncé plus haut <sup>24</sup>. Pour qu'elle s'y conforme, nous devons la compliquer, et en particulier substituer à l'ordre des perceptions conscientes l'ordre défini par le principe de causalité. Cette substitution, cependant, n'enlève rien à la relativité de

l'espace et du temps, que les considérations précédentes nous avaient fait entrevoir. "Que nous disions Sirius très lointaine et le soleil relativement proche ne signifie rien d'autre qu'une chaîne causale émanant de nous atteindra Sirius beaucoup plus tard que le soleil. L'"année-lumière" des astronomes, inventée à l'origine par pure commodité, correspond à l'archétype logique de toutes les mesures de longueur. Le temps, et à travers lui la causalité, fournit la mesure et l'ordre de l'espace: non pas le temps seul, mais l'ordre spatio-temporel combiné se révèle comme le schéma d'ordre conforme aux chaînes causales et par suite comme l'expression de la structure causale de l'univers" <sup>25</sup>.

Le développement des idées sur la relativité du temps et de l'espace a, comme on sait, conduit les physiciens à adopter un formalisme quadridimensionnel où les variables d'espace et de temps jouent un rôle symétrique. On peut se demander si cette symétrie ne contredit pas les assertions précédentes sur la spécificité et l'antériorité du concept de temps. Il n'en est rien cependant, car le concept de temps est bien plus immédiatement lié à l'idée de causalité que ne l'est l'espace; en moi, centre de la représentation, l'ordre de causalité et l'ordre de perception coïncident. Dans la métrique quadridimensionnelle, l'originalité du temps par rapport à l'espace est affirmée non seulement par la présence de la constante "c", qui traduit le temps en espace, mais encore par l'opposition des signes relatifs aux termes spatiaux et temporels <sup>26</sup>. Il ne faut donc pas prendre trop à la lettre le langage de Minkowski, quand il proclame que "dé-

sormais les idées d'espace et de temps comme concepts indépendants vont disparaître" et que "seulement l'union des deux sera retenue comme concept indépendant" <sup>27</sup>. Notons, d'ailleurs, que les réflexions qui précèdent ne seraient nullement abrogées si les postulats einsteiniens de la relativité générale se trouvaient confirmés; en effet, comme la relativité restreinte, la théorie de la relativité générale admet pour relation fondamentale d'ordre l'ordre de causalité, définie au moyen de rayon lumineux. <sup>29</sup>.

La théorie de la relativité, qu'elle soit restreinte ou générale, n'introduit donc pas ce "mélange" entre l'espace et le temps annoncé par certains, si du moins l'on considère dans ce dernier le concept primitif lié à l'idée de causalité et dérivant de notre appréhension personnelle de la durée; elle ne fait que relativiser des mesures, soumises à la relation d'ordre de causalité, selon les règles du formalisme quadridimensionnel.

Ce serait cependant méconnaître la signification de ce formalisme que de s'en tenir à cette conclusion. Car le formalisme minkowskien a réellement, bien que sous un autre aspect, opéré une révolution, d'importance tout à fait fondamentale: En passant graduellement de l'ordre des perceptions à l'ordre de causalité, puis en exprimant par la métrique quadridimensionnelle le fait que tels événements peuvent ou ne peuvent pas être reliés causalement, en prenant, enfin, l'habitude de considérer simultanément les uns et les autres, nous obtenons finalement une théorie qui décrit d'un seul coup non seulement tout notre passé et

tout notre présent, mais encore ce qui ne peut être actuellement connu de nous. A ce point, elle ne peut plus, en aucune façon, être une théorie de la représentation. Mais elle est devenue une théorie objective (au sens premier que nous donnions à ce terme), et une théorie statique du "tout est donné". "La notion de devenir ne disparaît certes pas complètement", écrit à ce sujet Einstein, "mais elle devient cependant plus compliquée. Il paraît, par conséquent, plus naturel de se représenter la réalité physique comme un être à quatre dimensions, au lieu de se la représenter, comme on l'a fait jusqu'à présent, comme le devenir d'un être à trois dimensions." <sup>28</sup> Bergson, dans sa théorie du temps-crédation, s'inscrit en faux contre cette interprétation "matérialiste" du monde. Il n'est pas sûr que la physique moderne lui donne entièrement tort. Déjà l'indéterminisme fondamental de la mécanique quantique nous oblige à substituer à l'espace réel, en tant que domaine d'application de la pure causalité, un espace conceptuel - celui des vecteurs d'état. Mais plus encore, il semble bien, d'après l'étude de quelques exemples particuliers, qu'en dehors d'une pure théorie de la représentation, nous ne puissions pas attribuer de vecteur d'état précis à un système physique choisi <sup>23</sup>.

La discussion de ce problème, cependant, déborde le cadre de notre sujet, que nous voulons limiter à la seule objectivité de la durée. Pour Newton comme pour Minkowski, nous l'avons vu, cette durée, se traduire en un temps physique dont, selon toutes les

apparences, l'existence est nécessairement objective. Cependant, de Newton à Minkovski, nous n'avons pu éviter d'en reconnaître le fondement purement psychologique, de la ramener toute entière au temps de la conscience et de la mémoire. Qu'en est-il exactement ? Cette perception particulière, commune à tous les êtres intelligents, et nécessaire à leur intelligence même, qui est celle de la durée, est-elle seulement une qualité subjective, inscrite sous forme potentielle dans les cellules de notre cerveau et développée en même temps qu'elle, ou bien est-elle plus généralement une qualité objective de la nature ? Dans l'affirmative, de quelle objectivité s'agit-il ? Est-il possible, à l'extrême, de décrire la fuite du temps dans la nature, sans faire appel, explicitement ou implicitement, à l'homme et à sa conscience ? Comme nous l'avons déjà souligné, c'est tout particulièrement dans l'étude du phénomène de l'accroissement de l'entropie que nous pouvons espérer trouver une réponse à ces questions.

\* \* \*

REFERENCES:

1. Saint Augustin, Les Confessions (env. 400), Livre onze, Chapitre XIV.
2. Pascal, De l'esprit géométrique (1654), section 1.
3. Newton, Principia Mathematica Philosophiae Naturalis (1687), Livre 1.
4. Einstein, La Relativité, Gauthiers-Villars (1956), 4<sup>e</sup> partie.
5. Kant, Critique de la Raison Pure (1781), Esthétique transcendantale, §6.
6. Ibid., §4.
7. Cournot: De l'enchaînement des idées fondamentales dans les sciences et dans l'histoire (1861), chap. X.
8. Bergson, L'évolution créatrice (1907), chap. 4.
9. Bergson, Les Données immédiates de la Conscience (1886), chap. II.
10. H. Reichenbach, Philosophie der Raum-Zeit-Lehre (1927), ch. II.
11. H. Bergson, Matière et Mémoire (1897), Ch. I, la perception pure.
12. Ibid., ch. IV, l'âme et le corps.
13. Ibid., ch. I, sélection des images.
14. Ibid., résumé et conclusion, IX.
15. J. Piaget, Le développement de la notion de temps chez l'enfant.
16. M. J. Guyau, La genèse de l'idée de temps (1886).
17. R. Wallis, Le temps, quatrième dimension de l'esprit (1966-Flammarion), p. 37.
18. Comme mesure du temps physiologique, certains biologistes ont proposé de compter les battements du coeur (2.6 milliards environ pour une vie humaine moyenne). D'autres ont proposé la vitesse de cicatrisation des plaies; celle-ci varie à peu près en raison inverse de la racine carrée de l'âge. (cité par R. Wallis, le temps quatrième dimension de l'esprit (1966; Flammarion), p. 28).

19. De fait, nous savons aujourd'hui que la relativité restreinte ne répond pas à cette question. D'ailleurs, elle ne pourrait y répondre que par la négative; car dans le cas contraire, on pourrait se servir de ce critère pour savoir lequel des deux frères a "vraiment" voyagé, en contradiction avec le principe de relativité du mouvement.
20. Bergson, *l'évolution créatrice* (1907), ch. IV. Lire aussi *Les données immédiates de la conscience* (1886), ch. II, le mouvement est-il mesurable ?
21. Nous en donnons quelques exemples par la suite.
22. Bergson, *ibid.* Cette distinction entre concepts originaux et concepts dérivés est particulièrement nécessaire dans la discussion de la relativité, que nous abordons au paragraphe suivant.
23. Cf. par ex. B. d'Espagnat, *Les conceptions de la physique contemporaine* (1965-Hermann).
24. Si je place, par exemple, deux sonneries, distantes l'une de l'autre sur le chemin entre Paul et Pierre, et que Paul entend simultanément, ce dernier les déclarera simultanées, mais Pierre le désavouera.
25. H. Reichenbach, *op. cit.*, §42.
26. C'est là, du moins, l'avis de Reichenbach, pour lequel "le monde minkowskien est incorrectement interprété si on le regarde comme un argument en faveur du parallélisme entre l'espace et le temps; au contraire, le monde de Minkowski exprime mathématiquement l'originalité de la dimension temporelle en la faisant précéder d'un signe moins dans l'expression fondamentale de la métrique". (*ibid.* §16).
27. Minkowski, conférence donnée à Cologne (21 sept. 1908).
28. Einstein, *La Relativité*, Gauthius-Villars (1956), 4 partie.
29. Considérons par exemple le retardement des horloges dans un champ de gravitation; la justification qu'en donne Einstein dans son fameux exemple du disque tournant est la suivante: d'après les postulats de la relativité restreinte, il existe pour un observateur immobile au centre du disque un retardement des horloges qui se meuvent à vitesse radiale uniforme sur le bord du disque (comme la vitesse radiale uniforme n'est pas le cas

prévu par la relativité restreinte, ce point mériterait une discussion. Voir par ex., A. Tonnelat, les principes de la théorie électromagnétique et de la Relativité, Mason (1959), p. 268). Ces horloges sont soumises à l'accélération centripète responsable du mouvement circulaire uniformé. Mais d'après le postulat de la relativité générale, celle-ci équivaut, pour un observateur immobile par rapport au disque tournant, à un champ de gravitation ... d'où l'on conclut au retardement des horloges dans le champ de gravitation équivalent. Cf. A. Einstein, The Meaning of Relativity, Princeton U.P. (1955), p. 60.

\* \* \*