

LE TEMPS, ENTRE PERMANENCE ET DEVENIR

Etienne KLEIN

Voilà vingt-cinq siècles, en Grèce ancienne, les *phusikoi*, ces penseurs « qui s'intéressaient à la nature », affrontaient un problème majeur : le changement. Dans notre monde, tout naît, ne cesse de se transformer, et meurt. Ce qui est maintenant peut ne plus être dans quelques instants. Moi-même je ne suis plus le même qu'il y a une minute, et serai bientôt autre. Mais comment comprendre que je puisse être à la fois identique et changeant, le même et un autre, sans qu'on puisse distinguer en moi ce qui demeure de ce qui passe ? D'où vient mon unité ?

N'est-il pas paradoxal qu'on puisse devenir autre et continuer à être soi ? Telles sont les questions que se posaient les Anciens, notamment Parménide (544-460 av. J.-C.) et Héraclite (550-480 av. J.-C.), dont les thèses antagonistes ne cessent d'être rediscutées depuis plus de deux millénaires. Pour le premier, c'est l'Être, en permanence identique à lui-même, qui est fondamental : insoumis au temps, fidèle à lui-même, il ne devient jamais autre, ne change pas, de sorte que le devenir, et le temps avec lui, ne sont jamais qu'apparences ou illusions. Pour le second, c'est au contraire le devenir qui est premier, et l'identité, une illusion : les choses ne sont pas, elles deviennent, se transforment sans cesse, changent au point de pouvoir devenir le contraire d'elles-mêmes, et le temps n'est rien d'autre que la forme ou l'incarnation de ce devenir universel. Depuis, de l'eau a coulé sous les ponts, et des révolutions scientifiques ont bouleversé nos représentations. La physique

contemporaine a plus d'un mot à dire dans ce débat d'idées, ayant intégré plusieurs remises en cause du statut du temps. Car ses différentes théories articulent les notions d'identité et de permanence avec celles de changement et d'évolution. Amalgament-elles le temps qui passe au devenir en acte ou les séparent-elles complètement ? Selon elles, le temps n'existe-t-il que s'il s'accompagne de changements ? Ou passe-t-il *aussi* lorsqu'il ne s'y passe rien ?

Des questions stimulantes, délicates, mais si difficiles, si piégeuses, qu'on hésite à les aborder. Il a fallu la très grande perplexité ressentie à la lecture de *La Fin des certitudes*¹, d'Ilya Prigogine, pour venir à bout de nos derniers scrupules. L'auteur, qui se déclare dans la lignée d'Héraclite, y explique que la physique s'est en quelque sorte trompée depuis le début, qu'elle a commis l'erreur de nier le devenir – et aussi le temps, qu'il assimile au devenir – au motif que les équations fondamentales de la physique, celles qui prévalent à l'échelle des atomes et des particules, sont toutes réversibles par rapport au temps. (En bref, on peut changer dans ces équations le signe de la variable temporelle sans que cela ait le moindre effet : elles demeurent invariantes sous cette transformation.) Nous avons voulu interroger en détail le « raccourci » mis en avant par le scientifique belge, prix Nobel de chimie : des équations réversibles en temps sont-elles réellement des négations de l'existence même du temps ?

Cette prétendue éradication du temps, au seul motif que la physique ne rend pas directement compte du devenir, nous amène à nous interroger : Comment la physique caractérise-t-elle le devenir ? Est-il ordonné ? Obéit-il à des lois ? Faut-il le poser comme antérieur au temps, qui ne ferait que le déployer ? Ou le temps serait-il au contraire « l'essence » même du devenir ? Et... de fil en aiguille : À quoi tient la distinction entre passé et futur ? Comment se fait-il que nous nous souvenions du premier et pas du second ?

Pour répondre à ces questions, nous avons patiemment examiné l'architecture des constructions théoriques de la physique conventionnelle, ainsi que les principes sur lesquels elle s'appuie. Notamment le principe de causalité qui ne s'exprime pas de la même façon dans toutes les théories. Cet examen fait apparaître que, dans ses formalismes opératoires, la physique distingue le temps du devenir. Elle les distingue même radicalement : il y a, d'une part, le *cours du temps*, grandeur primitive dont la représentation est contrainte par le principe de causalité, d'autre part, la *flèche du temps*, laquelle n'est pas une propriété du temps, mais de la majorité des phénomènes qui s'y déroulent, en l'occurrence les phénomènes temporellement irréversibles (une goutte d'encre qui tombe dans un verre d'eau se dilue, se disperse et cesse ainsi, irrémédiablement, d'être une goutte d'encre).

1. Ilya Prigogine, *La Fin des certitudes*, Paris, Odile Jacob, 1995.

Le cours du temps permet d'établir une différence de statut (mais pas de nature) entre les instants passés et futurs : sur la ligne du temps, demain n'est pas situé à la même place qu'hier – un certain laps de temps les sépare définitivement. La flèche du temps, quant à elle, est la manifestation du devenir. Elle exprime le fait que certains systèmes physiques évoluent de façon irréversible au cours du temps : ils ne retrouveront pas demain les états qu'ils ont connus hier.

L'efficacité de la physique est devenue tellement spectaculaire aujourd'hui qu'on est en droit d'envisager que sa distinction entre temps et devenir – soit entre le cours du temps et la flèche du temps – peut être exportée... Et pourquoi pas jusqu'au sein même de la philosophie, qui souvent les amalgame. D'autant que la physique non seulement distingue ces deux notions, mais les oppose presque. Dans une certaine mesure, le cours du temps y est considéré comme ce qui échappe au devenir, au sens où il ne change jamais sa façon de renouveler l'instant présent ou, si l'on préfère, sa façon d'être le temps. Ainsi, presque au mépris du sens des mots, et à rebours de ce que nous pensons du temps lorsque nous n'y pensons pas vraiment, la physique envisage, à l'intérieur même de l'écoulement temporel, la présence d'un principe qui demeure et ne change point : dans le temps qui passe, il y a quelque chose qui ne passe pas, quelque chose, en somme, qu'il n'affecte pas.

CE QUI CHANGE CHANGE-T-IL VRAIMENT ?

Dans bien longtemps tu m'as aimé.

Robert Desnos

C'est clair : nous voyons bien que des choses « changent ». Autour de nous, bien sûr, mais aussi en nous. La notion de changement semble relever de l'évidence. Mais elle constitue pourtant un authentique paradoxe. De deux choses l'une : ou bien l'être ou l'objet particulier dont on dit qu'il change demeure un et le même, et alors il n'a pas changé ; ou bien il a vraiment changé, et alors on ne peut plus dire qu'il est un et le même. Il y a comme une incompatibilité de principe entre l'identité et le changement.

Commençons par la première possibilité : l'être ou l'objet particulier qui change demeure un et le même, donc il n'a pas changé. Cet énoncé semble évident si l'on admet le principe de la nécessité de l'identité « de soi à soi » : si un être ou un objet particulier, disons x , est nécessairement identique à lui-même, il ne peut en toute rigueur changer, puisqu'alors il cesserait d'être x . Cette manière de penser conduit à admettre qu'il n'y a pas de sens à parler de changement : celui-ci est au mieux une illusion, une apparence qui se jouerait de nous, au pire une absurdité.

Quant à la seconde possibilité (l'objet ou l'être a vraiment changé, et alors il n'est plus un et le même), elle semble naturelle dès lors qu'on prend au sérieux l'idée même de changement : changer, c'est, par définition, devenir différent et, par conséquent, ne plus être identique à soi-même ; si x change, c'est qu'il cesse d'être x . Il n'y aurait pas de sens à parler d'être ou d'objet particulier qui seraient strictement *persistants* dès lors qu'ils sont soumis au devenir.

Le paradoxe du changement nous conduit à prendre parti : soit nous acceptons le principe d'identité de soi à soi, et nous devons alors refuser l'idée de changement ; soit nous acceptons le changement, et nous devons alors refuser le principe d'identité de soi à soi. Mais à cette contradiction d'ordre logique entre changement et identité est venue s'opposer l'idée selon laquelle

les êtres ou les objets particuliers peuvent persister dans le changement ou, si l'on préfère, changer sans perdre toute leur identité : nous estimons, sans plonger aussitôt dans les affres du doute, qu'une chose particulière peut subir certains changements, c'est-à-dire ne plus être la même, tout en demeurant elle-même. Karl Popper a illustré cela concrètement : « On peut dire qu'une feuille d'arbre verte change lorsqu'elle devient brune, mais on n'affirme pas qu'une feuille verte change si on lui substitue une feuille brune. Le devenir présente cette caractéristique essentielle que la chose soumise au changement conserve son identité à travers ce changement. Et cependant, elle doit devenir autre : de verte qu'elle était, elle devient brune, d'humide elle devient sèche ; elle était chaude, la voici froide¹. »

Changer, ce n'est pas être remplacé, ce n'est pas cesser d'être soi, c'est être soi autrement. Cette conviction foncière d'une identité qui perdure *dans* et *malgré* le changement se nourrit de notre expérience quotidienne, et constitue la trame de notre rapport ordinaire au devenir : ce gros chat qui ronronne paisiblement sous la lampe est bien le même animal que ce chaton effrayé qui traînait dans la rue, et qui depuis s'est épanoui ; cette bicyclette rouge, c'est celle qui, autrefois, était bleue ; la même, qui a été repeinte en rouge. Nous parvenons donc à comprendre le changement, mais à la condition de considérer que le sujet du verbe changer, *cela* qui change, c'est *ce qui ne change pas au cours du changement*.

Fascinante conclusion, au demeurant : une chose *x* ne peut changer que si, en elle, « quelque chose » ne change pas, et c'est parce que ce « quelque chose » ne change pas qu'on peut dire de *x* qu'il change...

Questions subtiles... et anciennes. Lorsqu'on les aborde, on évoque habituellement, histoire de reprendre pied, les deux penseurs de l'Antiquité grecque que nous avons mentionnés : Héraclite, caricaturalement présenté comme le héros du changement, et Parménide, le champion de l'Être, qui excluait l'idée de changement de sa doctrine. Et, en effet, un petit détour par ceux qu'on a si longtemps opposés s'impose.

Quelles thèses défendent-ils ? Difficile de le dire *ex abrupto*, tant leurs textes, fragmentaires, sont délicats à interpréter. Alors, prudence... Commençons par Parménide, et prudemment puisqu'il le faut. On a coutume d'affirmer qu'il considère le mouvement comme une succession de positions fixes, de sorte que tout ce qui existe – les choses, mais aussi leur dynamique – devrait pouvoir être décrit à partir du seul concept d'immobilité. L'Être est premier, dit-il. C'est même un « monolithe sans fissure² » pour reprendre les mots de Pierre Somville, de sorte que le devenir n'est jamais

1. Karl R. Popper, *Conjectures et réfutations. La croissance du savoir scientifique*, Paris, Payot, 1994, p. 219.

2. Pierre Somville, *Parménide d'Élée : son temps et le nôtre*, Paris, Vrin, 1976, p. 57.

qu'une illusion, une façon de parler du monde qui nous entoure, un simple outil de la doxa. Mais comment Parménide définit-il l'Être ? Par la parfaite identité à soi-même : est (fait partie de l'Être) ce qui est parfaitement un, immobile, plein et fini.

L'Être est donc, par définition, soustrait au devenir, à la caducité du cycle des générations et des corruptions. Cela ne signifie pas qu'il est « invariable au cours du temps », comme dirait aujourd'hui un physicien, car ce serait une façon de dire qu'il demeure concerné par le temps. Or, dans cette conception, le « temps » ne peut être pensé comme une abstraction, un substrat dans lequel les choses viendraient simplement prendre place. Seules ses manifestations concrètes peuvent être saisies, sous l'apparence du devenir, par exemple à travers des phénomènes de croissance et de vieillissement. Ce n'est donc pas par référence à la durée qu'une quelconque permanence de l'Être peut être affirmée. L'Être est en réalité épargné par les contingences temporelles. Il plane en amont des relations d'antériorité et de postériorité. En somme, il ne dure ni ne devient. Il est.

Héraclite voit les choses autrement. Il considère que tout est mobile et évolutif, de telle manière qu'on ne saurait imaginer de point fixe permettant d'évaluer les changements qui se produisent dans le monde. À ses yeux, c'est le devenir qui est premier, et l'identité une illusion. D'ailleurs, les choses que nous voyons autour de nous ne sont pas vraiment des choses, car rien n'est statique en elles. En évolution permanente, elles sont plutôt des processus. Leur bougeotte ontologique les rend d'ailleurs semblables au feu, l'élément mobile et ambivalent à partir duquel Héraclite explique tous les phénomènes de l'univers : tantôt source de vie, tantôt facteur de destruction, le feu est capable de métamorphoses. En se « condensant », il engendre l'eau ; en se condensant davantage, il devient terre. Tous ces mécanismes, considérés comme cycliques et donc réversibles, peuvent aussi le réengendrer : « Toutes choses sont échangées contre le feu et le feu contre toutes choses¹ ». Archétype de la chose qui évolue et qu'aucune forme de permanence ne peut fixer, le feu apparaît comme le principe actif du devenir universel.

Cette conception possède une très forte puissance métaphorique, d'ailleurs difficile à contenir. Werner Heisenberg, l'un des pères de la physique quantique, pensait même que la physique moderne demeure, à un certain point de vue, très proche des doctrines d'Héraclite : « Si nous remplaçons le mot "feu" par le mot "énergie", écrit-il, nous pouvons presque répéter ses paroles mot pour mot, du point de vue actuel. En fait, l'énergie est la substance dont sont faites toutes les particules élémentaires, tous les atomes et, par conséquent, toutes choses ; et l'énergie est ce qui fait mouvoir. [...] L'énergie peut se changer en mouvement, en chaleur, en lumière, en électricité. Elle peut être appelée la cause fondamentale de tous les changements dans le monde². »

1. Héraclite, fragment 90.

2. Werner Heisenberg, *Physique et Philosophie*, Paris, Albin Michel, 1971, p. 63.

Mais qu'est-ce au juste que le devenir aux yeux d'Héraclite ? Tout simplement l'effet d'une dialectique incessante entre les contraires : le devenir procède du passage cyclique d'un contraire à l'autre. Mais, nuance, dans ce déploiement temporel, les opposés doivent être considérés dans leur unité même plutôt que selon leur opposition éphémère. Cela suppose d'envisager l'entièreté du cycle qui fait passer, réversiblement, de l'un à l'autre : « Le chemin qui monte et celui qui descend sont un et identique¹ ».

Cette conception héraclitéenne du devenir implique qu'un être peut être *et* cela *et* son contraire. On pourrait penser qu'elle nie le principe de non-contradiction, selon lequel un énoncé et son contraire ne peuvent être simultanément vrais. Mais ce serait oublier le rôle qu'y joue le temps : son déploiement permet justement que la cohabitation des contraires ne soit jamais réalisée au même instant. Il s'agit plutôt d'un va-et-vient, d'une oscillation, au cours du temps, entre pôles opposés et complémentaires. Héraclite maintient toutefois une exception à cette complémentarité, celle du vrai et du faux : le vrai ne va pas avec le faux, son opposé. Le vrai ne peut devenir le faux, et le faux devenir le vrai. Tout est un, certes, mais le discours vrai ne forme pas un tout – n'est pas un – avec tout discours qui le contredirait. Ce point est capital, car en séparant ainsi le discours du tout du monde, Héraclite garantit un statut exclusif à la vérité.

Ainsi, s'il reconnaît qu'aucun être n'est jamais le même et que toute chose se dissout dans le devenir, Héraclite n'en maintient pas moins le principe d'un discours qui, lui, en tant que *logos*, « est de toujours² ». C'est d'ailleurs parce que le *logos* échappe au devenir qu'il permet de dire et de penser le devenir. Le *logos* met toutes les choses en rapport mutuel, les rassemble pour mieux les distinguer, puis explique les oppositions du réel perpétuellement en lutte contre lui-même. Il est donc ce qui fait l'unité de toute chose grâce à sa position de surplomb, par le « monothéisme de la parole transcendante³ » : « Est sage d'entendre, non moi, mais le *logos*, pour s'accorder que tout est un¹. » Héraclite met ainsi en valeur l'intelligence ou la pensée comme condition de l'unité du réel en devenir : seul l'esprit humain est capable de résoudre ce qui s'oppose par le recours à l'idée de *même*.

Une telle perspective amène à se demander pourquoi on a si souvent opposé Héraclite et Parménide au motif que la thèse du premier correspondrait à l'antithèse du second. Car l'un et l'autre partagent une conviction : le principe qui rend compte du changement échappe lui-même au changement. Simplement, il n'est pas le même pour les deux. Héraclite envisage, comme nous venons de le voir, que ce principe est le *logos*, lui-même hors du devenir. Parménide considère, lui,

1. Héraclite, fragment 60.

2. *Idem*, fragment 1.

3. Pierre Somville, *Parménide d'Élée*, *op. cit.*, p. 15.

que le principe fondamental, c'est l'Être, l'Être insoumis au temps, et il se pose la question suivante : de quoi pouvons-nous dire « *c'est* » ? Nous ne pouvons pas le dire, répond-il, de ce qui nous apparaît en train de naître, de se développer ou de mourir, car tout cela n'est qu'une suite d'apparences dont la réalité n'excède pas celle du nom qu'on leur donne. Seul l'Être, conçu comme ce qui ne change pas, *est* : tout semble s'écouler, certes il y a ceci, puis cela, qui ne lui ressemble pas, mais le point essentiel est que le *il y a* est toujours là. Cette permanence du *il y a* est la signature même de l'Être. Mais n'a-t-on pas le droit de penser qu'elle fait écho à une autre permanence, celle du *logos* au sens d'Héraclite, cette sorte de principe invariable qui permet de dire les variations de l'univers, c'est-à-dire comment il évolue, comment il *devient* ?

Reste que ces deux grands courants philosophiques n'ont pas cessé de se combattre, par penseurs interposés. Mais – et cela aurait sans doute réjoui Héraclite – aucun ne l'a définitivement emporté sur l'autre, comme s'ils faisaient partie d'un même tout au sein duquel la pensée serait condamnée à osciller, sans jamais pouvoir se fixer.

La physique serait-elle capable, elle, d'un peu plus de stabilité ? A-t-elle d'ailleurs pris parti ? Il y a plus d'un siècle, Émile Meyerson, un philosophe bon connaisseur de la physique de son temps, s'était déjà sérieusement penché sur la question. Dans son ouvrage *Identité et Réalité*, il décrit le fonctionnement du principe d'identité, fondement de toute démarche intellectuelle, qui se projette sur le réel pour le pénétrer d'intelligibilité, l'éclairer, le reconstruire à la mesure de notre esprit. Il en déduit que la structure même de la physique ne pouvait être que parménidienne : l'explication rationnelle revient toujours à découvrir, sous la transformation d'une réalité quelconque, l'existence d'un invariant : « Nous préférons donner à nos lois une forme telle que le changement n'apparaisse pas comme dépendant directement de l'écoulement du temps, en d'autres termes, nous cherchons à éliminer le temps de nos formules² ». Émile Meyerson en concluait que la raison se réduit à l'acte du principe d'identité, la diversité provenant tout entière de la réalité³.

La physique a effectivement repris cette idée parménidienne d'un primat de l'Être sur le devenir, dans la mesure où elle tend à placer l'Être (par exemple, les particules élémentaires, constitutives de la matière) hors de l'arène du changement : un électron de 2008 est strictement identique à un électron de 1958. Mais elle a également repris l'idée héraclitienne d'un *logos* unificateur (de lois

1. Héraclite, fragment 50.

2. Émile Meyerson, *Identité et Réalité*, Paris, Alcan, 1906, p. 246.

3. Émile Meyerson note cependant qu'il arrive que le réel se venge des présomptions de l'esprit qui voudrait l'enlacer dans le réseau de ses lois, commandées par le principe d'identité. Les moments historiques qui font surgir cette barrière que dresse le monde devant l'esprit lui paraissent symptomatiques d'une crise de l'intelligence devant la multiplicité envahissante dont l'observation scientifique se fait le témoin. Il prend notamment l'exemple de la découverte par Sadi Carnot du second principe de la thermodynamique, qui donne à croire que le monde est en train de mourir lentement, d'une mort sur laquelle l'identification que voudrait lui

fondamentales) en se constituant comme une sorte de « législation invariable des métamorphoses » : ce qui change, change en vertu de lois qui ne changent pas.

Cela étant dit, ne cédon pas trop vite à la tentation d'une « mise en scène » trop appuyée du débat entre Parménide et Héraclite. Nous pourrions être victimes d'une illusion, celle d'une rétroactivité implicite de la pensée. Cette illusion pourrait nous tromper en nous conduisant à prêter à ces deux penseurs des jugements qui seront, un siècle et demi après eux, le propre des métaphysiques platonicienne et (surtout) aristotélicienne. Comme le fait remarquer Clément Rosset, « Platon parle sans cesse d'immortalité, d'éternité, de "ce qui est *toujours*" (*aei on*), alors que Parménide n'en parle jamais, se contentant de dire que ce qui est est sans passé ni futur, et existe *maintenant* (*nun esti*)¹. »

Soyons également attentifs au fait que, chez l'un comme chez l'autre, il est surtout question du « mouvement », lequel n'est qu'un avatar du temps. Dans le célèbre fragment de Héraclite « Le temps est un enfant qui joue en déplaçant les pions : la royauté d'un enfant² », ce n'est pas le temps au sens de *chronos* que désigne Héraclite, mais l'*aiôn*, c'est-à-dire la durée indéfinie, une sorte de temps immobile ou cyclique. Comme l'a remarqué François Jullien : « De l'*aiôn* qui, chez Homère, désignait le liquide interne au corps et qui, tant qu'il n'est pas tari, en assure la vitalité, la philosophie grecque aboutit à la notion d'une vie infinie, ne perdant rien d'elle-même mais "étant" toujours (*aei ôn*) et, par conséquent, ne connaissant ni futur ni passé : toujours présente à elle-même dans sa totalité, n'étant jamais ceci "puis" cela, mais étant toujours tout à la fois³. » Et pour finir, notons que chez Platon, la pensée du temps commence à se constituer, mais demeure ambiguë : d'une part, le temps y est conçu comme mouvement de l'univers, d'autre part, il est corrélé à l'idée d'éternité (voir le récit de la création du monde dans le *Timée*). En ce sens, il n'est pas certain qu'il s'agisse du temps tel que nous l'entendons, la fameuse formule de l'« image mobile de l'éternité immobile » pouvant s'appliquer tout aussi bien au ciel⁴. De fait, le premier qui l'envisagera comme principe d'explication d'un phénomène très « ciblé », le mouvement des corps, c'est Aristote. Avec lui, le temps est devenu « le nombre du mouvement, selon l'avant et l'après. »

Il importe donc de se déprendre de toute lecture rétroactive. Car dès qu'elle a commencé à être pensée, en l'occurrence par les philosophes grecques, la question du devenir se posait en des termes différents de ceux dans lesquels elle se pose d'aujourd'hui. Il n'en demeure pas moins que les

imposer notre esprit n'a aucune prise. Voir Émile Meyerson, *Identité et réalité*, *op. cit.*, p. 288-326.

1. Clément Rosset, *Principes de sagesse et de folie*, Paris, Minuit, 1991, p. 18.

2. Héraclite, fragment 130 (52). Voir Marcel Conche, *Héraclite. Fragments*, Paris, PUF, coll. « Épiméthée », 1986, p. 446.

3. François Jullien, *Du « temps ». Éléments d'une philosophie du vivre*, Paris, Grasset, 2001, p. 21.

4. C'est notamment la thèse défendue par Rémi Brague dans son livre *Du temps chez Platon et Aristote*, Paris, PUF, 1982, en particulier le chapitre I.

questions que nous allons maintenant aborder sont dans le droit fil de discussions entamées il y a plus de vingt-cinq siècles.

10

TEMPS ET PHENOMENES TEMPORELS :
L'HABIT FAIT-IL LE MOINE ?

Qu'elle soit de silence ou papillon, une minute dure toujours 60 secondes.
Une montre

Écoutons-nous parler : nous confondons presque toujours le temps et les phénomènes temporels. Par un processus de contagion ou un effet de porosité, nous ne faisons pas de différence entre le temps et ce qui se passe en son sein : nous identifions *a priori* le contenant à ses contenus. De sorte que c'est toujours lui, le temps, qui « porte le chapeau », seul responsable de tout ce qui s'y déroule.

Ainsi, observant qu'existent autour de nous des phénomènes cycliques, nous prétendons aussitôt que le temps lui-même l'est ; ou bien, constatant que nos agendas sont saturés, que l'industrie produit à un rythme de plus en plus effréné, que la cinétose collective nous transforme en « Turbo-Bécassines » et en « Cyber-Gédéons »¹, nous proclamons que c'est le temps lui-même qui s'accélère. Comme si le temps s'identifiait avec notre *emploi* du temps, et n'avait rien d'autre à faire que d'épouser le rythme de nos activités. Notre idée du temps est toujours celle d'un temps estampillé par l'événement, un temps « marqué » par les phénomènes qu'il contient, déjà empli, qui se détache d'emblée de l'idée d'un temps vide ou abstrait.

On peut toujours se rassurer, prétendre qu'il ne s'agit là que de façons de parler, de tournures de phrases, dont l'usage répétitif n'entrave nullement notre intelligence du temps. Mais ce serait ne pas voir que ce glissement, cette facilité ne jouent pas que dans la vie courante. On constate parfois la même chose sous la plume de certains philosophes. L'affaire devient alors plus grave. Ainsi, à peine apprennent-ils que les scientifiques ont découvert une nouvelle catégorie de phénomènes que certains

1. Selon les formules du regretté Gilles Châtelet dans *Vivre et penser comme des porcs*, Paris, Gallimard, coll. « Folio », 1998.

auteurs prétendent que c'est le temps lui-même qui s'en trouve modifié, voire qu'il vient de subir une révolution ontologique de première importance.

À propos de la théorie du chaos¹, Michel Serres, pourtant fin connaisseur des avancées de la science, a pu écrire : « Le temps ne coule plus toujours selon une ligne ni selon un plan, mais selon une variété extraordinairement complexe, comme s'il montrait des points d'arrêt, des ruptures, des puits, des cheminées d'accélération foudroyante, des déchirures, des lacunes, le toutensemencé aléatoirement, au moins dans un désordre visible. Ainsi, le développement de l'histoire ressemble vraiment à ce que décrit la théorie du chaos² ». Qu'est-ce à dire ? Que l'existence de phénomènes chaotiques implique nécessairement que le cours du temps soit lui-même devenu chaotique ? Or, la théorie du chaos, toute révolutionnaire qu'elle puisse d'abord sembler, s'explicite au sein de la mécanique newtonienne la plus classique. Elle en fait même intégralement partie. Ni le statut ni la représentation du temps n'ont été modifiés par elle, et encore moins remis en cause. Il n'y a donc pas eu de révolution : le temps de la théorie du chaos n'est autre que le temps newtonien. La découverte d'une nouvelle typologie de phénomènes n'induit donc pas nécessairement qu'il faille envisager un nouveau temps pour la caractériser.

On pourrait faire des remarques analogues à propos d'un livre qui date de 1979 et dont l'influence perdure : *La Nouvelle Alliance* d'Ilya Prigogine et Isabelle Stengers, qu'on présente souvent comme le manifeste du « temps retrouvé » au motif que les auteurs concluent ainsi : « La physique aujourd'hui ne nie plus le temps. Elle reconnaît le temps irréversible des évolutions vers l'équilibre, le temps rythmé des structures dont la pulsion se nourrit du monde qui les traverse, le temps bifurquant des évolutions par instabilité et amplification de fluctuations, et même ce temps microscopique qui manifeste l'indétermination des évolutions physiques macroscopiques³. » Mais la physique a-t-elle jamais « nié » le temps ? Et qu'est-ce donc qu'un temps « rythmé » ? Et un temps « bifurquant » ? Et que serait un temps qui ne serait pas « irréversible » ?

Supposer que le temps équivaut à ce qu'il contient, voire se construit à partir des phénomènes, c'est implicitement admettre qu'existe une multiplicité de temps : il y aurait en somme autant de temps différents qu'il y a de temporalités différentes. Le temps se trouve ainsi affublé de divers qualificatifs qui précisent le type de phénomènes (ou d'expériences) auquel on l'associe : on parlera d'un temps psychologique, puis d'un temps géologique, ou d'un temps astrophysique, d'un temps

1. Cette théorie montre en particulier qu'un système régi par des équations déterministes a une évolution qui n'est pas nécessairement prédictible : déterminisme et prédictibilité, souvent assimilés l'un à l'autre, deviennent deux notions différentes.

2. Bruno Latour, Michel Serres, *Éclaircissements, Entretiens avec Bruno Latour*, Paris, François Bourin, 1992, p. 154.

3. Ilya Prigogine, Isabelle Stengers, *La Nouvelle Alliance*, Paris, Gallimard, 1979, p. 275.

subjectif, d'un ou de plusieurs temps historiques, voire d'un temps « rythmé » ou d'un temps « bifurquant » au motif que les différents phénomènes se déploient dans le temps d'une façon qui leur est spécifique... Une telle démarche induit une prolifération conceptuelle et laisse croire que cohabitent de multiples espèces de temps. Outre qu'elle brouille les notions, elle laisse sceptique : sérieusement, il y aurait un temps des pierres et des roches ? Un temps des atomes et molécules ? Et un temps des étoiles et des galaxies ?

Ilya Prigogine a même jugé utile d'ajouter un énième avatar à la liste, le « temps entropique », censé rendre compte de l'évolution irréversible d'un système en quantifiant l'ampleur des changements qu'il a subis. Ce « temps » est proportionnel à la variation d'entropie du système au cours d'un processus irréversible donné¹. Qu'est-ce à dire ?

Pour le comprendre, il faut d'abord préciser ce qu'est l'entropie d'un système, d'autant plus que cette notion sera souvent évoquée par la suite. Il s'agit d'une grandeur qui caractérise la capacité du système à subir des transformations spontanées : plus grande est la valeur de l'entropie, plus faible est la capacité du système à se transformer. Le second principe de la thermodynamique précise que l'entropie d'un système fermé ne peut qu'augmenter au cours du temps. Cela signifie qu'en évoluant il perd nécessairement de sa capacité à évoluer davantage. Un système fermé tend naturellement vers un état d'entropie maximale, dans lequel toute transformation spontanée lui deviendra impossible. Prenons un exemple : l'entropie totale d'un morceau de sucre et d'une tasse de café non sucré étant inférieure à l'entropie d'une tasse de café sucré, un morceau de sucre lâché dans une tasse de café n'a d'autre choix que de s'y dissoudre. Ce phénomène est irréversible : le morceau de sucre qui se dissout au fond de la tasse de café ne reprendra jamais sa forme parallélépipédique, ni sa blancheur, et le café ne retrouvera jamais son amertume naturelle. Ainsi exprimé, le deuxième principe de la thermodynamique s'accorde avec le fait que les phénomènes physiques semblent avoir une direction fermement établie.

Une seconde façon de définir l'entropie consiste à dire qu'elle mesure la qualité de l'énergie disponible au sein du système. L'énergie se conserve et ne fait donc que se transformer. Mais au cours de ses transformations, elle se dégrade et devient de moins en moins utilisable. Une énergie de bonne qualité est une énergie ordonnée, à faible entropie. Celle de la chute d'eau, par exemple, qui, dans un mouvement d'ensemble descendant, peut entraîner la rotation d'une turbine. Au bas de la chute, les molécules d'eau ont perdu l'ordonnement vertical, dû à la pesanteur, qu'elles avaient lors de la chute. Leur énergie a perdu de sa qualité : elle n'est plus aussi facilement utilisable.

1. Soit dS la variation d'entropie d'un système et $P(t)$ la production d'entropie par unité de temps (physique) : on a bien évidemment $dS = P(t)dt$. L'idée sous-jacente au concept de temps entropique consiste à construire un « temps » t^* tel que la variation d'entropie pendant l'intervalle de temps dt soit proportionnelle à

Cela étant dit, revenons à Ilya Prigogine qui, par le biais de la variation d'entropie, relie le cours du temps physique aux processus qui se produisent en son sein. Il fabrique ainsi une sorte de (faux) temps qui ressemble aux phénomènes qu'il contient, et dépend explicitement du système concerné. Il « mélange » en quelque sorte la durée pendant laquelle le système évolue et l'intensité des changements qu'il a subis : si le système n'évolue pas, son temps entropique ne s'incrémente plus ; s'il évolue, son temps entropique se décale du temps physique, et cela d'autant plus que la production d'entropie aura été grande. La particularité du temps entropique tient à ce qu'il s'arrête dès que l'entropie du système devient constante, alors que le temps physique continue, lui, de s'écouler. Le temps entropique rappelle le temps bergsonien¹, le temps-invention de *L'Évolution créatrice* : il ne s'écoule que dans la mesure où il produit de la nouveauté. Ce temps ne vaut que par le devenir qu'il apporte et s'arrête dès que le système n'est plus capable d'évoluer². Le cours du temps entropique a d'ailleurs un moteur explicite : il est « tiré » ou « poussé », comme l'on voudra, par l'irréversibilité des processus temporels qui se déroulent en son sein.

Mais l'idée sur laquelle Prigogine appuie cette notion ne résulte-t-elle pas d'une simple hybridation ? Ne se contente-t-il pas de plaquer artificiellement, grâce à une colle mathématique, le devenir sur la ligne du temps physique ? Le chimiste est loin d'avoir fondé un nouveau temps, puisque sa définition du temps entropique s'appuie explicitement sur la donnée du temps physique. La variation d'entropie étant la manifestation de toute évolution irréversible, on peut certes l'utiliser pour caractériser la dynamique interne d'un système en la mettant en relation avec la durée d'évolution dudit système. Est-il pour autant judicieux de quantifier l'évolution irréversible d'un système par le biais d'une grandeur qu'on appelle « temps » alors que celle-ci a été construite pour justement se démarquer... du temps ? « Temps entropique » apparaît comme une expression quelque peu nébuleuse dans la mesure où elle sous-entend que l'entropie serait une production directe du temps, alors qu'elle est une grandeur attachée à *ce qui se passe* dans le temps.

Ce type d'amalgame entre temps et phénomènes temporels, entre temps et devenir, n'est presque jamais discuté. Il est devenu implicite. Il va de soi. Mais est-il seulement pertinent ? Fondé ? Pareille assimilation du temps aux déploiements temporels se retrouve-t-elle dans les formalismes de la

$dt^* : dS = P(t)dt = a \cdot dt^*$, où a est une constante. On obtient : $\int dt^* = (1/a) \cdot \int P(t)dt$.

1. Henri Bergson fut d'ailleurs la grande référence d'Ilya Prigogine. Le philosophe français, qui s'était trouvé « pris » dans le débat entre mécanique et thermodynamique, avait échafaudé avec le « temps-durée » une réponse voisine de celle de l'énergétisme. Même s'il cite souvent Ostwald à propos de la thermodynamique, sa source d'inspiration principale fut Herbert Spencer, dont l'énergétisme apparaît plus nuancé que celui d'Ostwald : comme les atomistes, Spencer croyait dans la constance de la matière et dans l'indestructibilité du mouvement ; mais, contrairement à eux, il posait que l'énergie est la réalité physique de base, dont la matière n'est que la manifestation.

2. « Le temps est invention, ou il n'est rien du tout », Henri Bergson, *L'Évolution créatrice*, PUF, 1970, p. 341.

physique ? Lorsqu'il ne se passe plus rien, lorsque nul changement ne se produit, ne peut-on concevoir que le temps physique persiste à passer ?

TEMPS ET DEVENIR : LA PHYSIQUE VOIT DOUBLE

En histoire, on dit : « Jean Sans-Peur est passé par ici » ; mais pour la science, ce qui importe, c'est qu'il n'y repassera pas.

Henri Poincaré

Les formalismes de la physique sont essentiellement constitués d'équations. Celles-ci condensent des relations fondamentales, traduisent des propriétés essentielles, révèlent des choses plus profondes sans doute que ce que nos discours humains, aussi subtils soient-ils, sont capables d'exprimer ; sans doute sont-elles même plus intelligentes que nous. Mais, bien sûr, les équations ne parlent pas d'elles-mêmes, en tout cas pas au sens usuel du terme. Alors que pourrions-nous dire du temps et du devenir qu'elles diraient si elles pouvaient parler ?

S'il fallait répondre à cette question en quelques mots, voici ce que nous proposerions : La physique moderne s'est construite en opérant dans ses formalismes une distinction entre le temps et le devenir, ou plus exactement entre le *cours du temps* et la *flèche du temps*. Dès sa naissance, c'est-à-dire dès la mise sur pied de la mécanique newtonienne, elle a élaboré un temps épuré, un temps « maigre », débarrassé de la surcharge pondérale en provenance des phénomènes, un temps qui n'a pas besoin que quelque chose se passe quelque part pour passer. L'efficacité opératoire de la physique, ses succès expérimentaux sont devenus si impressionnants qu'on est en droit de considérer que la distinction qu'elle établit entre temps et devenir constitue une découverte philosophique négative de première importance.

Mais puisqu'un peu d'espace-temps nous est donné (nous sommes seulement dans la première moitié du livre), nous allons préciser ce bref constat. Qu'entend-on par cours du temps ? Et par flèche du temps ?

Le cours du temps ne fait rien d'autre que traduire le passage du temps. D'une certaine façon, il est le temps même. Comment le représente-t-on ? Par un axe, l'axe du temps, dont nous avons déjà dit qu'il est une sorte de sublimation de l'image du fleuve. Sur cet axe, on place traditionnellement

une petite flèche *qui n'est précisément pas ce qu'on appelle en physique «la flèche du temps»*. Elle est mise là pour signifier, d'une part, que le sens d'écoulement du temps peut être défini (même s'il est arbitraire, nous reviendrons sur ce point), d'autre part, que les voyages dans le temps sont impossibles : notre présence à un instant donné sur l'axe du temps détermine nos positions ultérieures sur cet axe. On ne peut pas non plus revenir en arrière, ni passer deux fois par un même instant. C'est là une différence fondamentale entre le temps et l'espace : nous pouvons nous déplacer à l'intérieur de l'espace, aller et venir (en principe) dans n'importe quelle direction, alors que nous ne pouvons pas changer notre place dans notre temps propre. L'espace est le lieu de notre liberté, le temps, celui de notre emprisonnement. Ou, pour reprendre les mots de Jules Lagneau : « L'étendue est la marque de ma puissance, le temps est la marque de mon impuissance¹. »

Cette conceptualisation du cours du temps invite à considérer qu'il est ce par quoi l'instant présent se renouvelle et ce qui organise la continuité des instants successifs. Ce faisant, il produit de la durée, rien de plus. Pas nécessairement du changement, ni de nouveauté phénoménale, ni d'événements marquants. Il se contente – c'est son train-train quotidien – de créer des instants qui sont tous radicalement « neufs », originaux, ce qui ne l'empêche pas d'être ouvert à l'accueil de phénomènes, répétitifs ou autres, de tout type et de toute nature.

La structure même du cours du temps garantit que tout événement est nécessairement définitif au sens où, dès qu'il a eu lieu, plus rien ne peut effacer le fait qu'il a eu lieu : une fois survenu, il demeurera « éternellement vrai » qu'il est survenu². Si la trace qu'il a éventuellement laissée peut être effacée, cet effacement changera le futur, proche ou lointain, mais pas le passé. D'une façon générale, toute action présente ne peut avoir d'incidence que sur le futur, jamais sur le passé. Le cours du temps vient ainsi garantir la possibilité de toujours différencier le passé du futur : rien ne peut venir modifier le contenu du passé, tandis que celui du futur demeure en principe ouvert, indéterminé.

Ces considérations sur ce qu'on pourrait appeler « l'indéfectibilité » des événements passés illustrent une très vieille idée, déjà exprimée par Sénèque : « La vie se divise en trois époques : le présent, le passé et l'avenir ; de ces trois époques, le présent actuel est bref, l'avenir est douteux, et le passé certain ; en lui, en effet, la fortune a perdu ses droits, et il ne peut retomber au pouvoir de personne. Cette époque de notre vie est sainte et consacrée ; elle est au-dessus de tous les hasards humains ; elle est soustraite au règne de la fortune ; ni la pauvreté, ni la crainte, ni l'invasion des maladies ne l'inquiètent ; elle ne peut être ni troublée ni enlevée ; c'est une possession perpétuelle et

1. Jules Lagneau, *Célèbres leçons et fragments*, Paris, PUF, 1964, p. 121.

2. Je n'ignore pas qu'un tel énoncé pose de nombreux problèmes : Que veut dire « éternellement vrai » ? Se pourrait-il qu'un événement soit provisoirement vrai ? Mais nous n'entrerons pas ici dans ces questions, ultra-

inaccessible aux menaces¹. » En somme, le cours du temps fait du passé une forteresse à propos de laquelle seuls les regards et les discours peuvent changer, évoluer.

Quant à la flèche du temps, qu'est-elle si elle n'est pas la petite flèche figurant sur l'axe du temps ? Contrairement à ce que le terme suggère, elle ne se rapporte pas au temps lui-même, mais à ce qui se déroule en son sein. Elle n'est pas un attribut du temps, mais une propriété éventuelle des phénomènes physiques : la plupart de ceux qui existent à notre échelle subissent au cours du temps des transformations irréversibles qui les empêchent à tout jamais de retrouver leur état initial. L'épilogue n'est pas identique au commencement. Leur dynamique est ainsi temporellement « fléchée ».

Pour mieux saisir la portée épistémologique de cette distinction, rappelons-nous que depuis Newton la représentation du cours du temps en physique a toujours été contrainte par le principe de causalité, que nous avons évoqué dans la première partie. Dans sa formulation classique, ce principe se confondait avec l'idée d'un déterminisme strict, comme sous la plume de Leibniz : « Rien ne se fait sans raison suffisante, c'est-à-dire que rien n'arrive sans qu'il soit possible à celui qui connaîtrait assez les choses de rendre une raison qui suffise pour déterminer pourquoi il en est ainsi, et non pas autrement² ». En général, on résume ce principe en disant simplement que tout événement a une cause, qui lui est nécessairement antérieure. Mais un nouveau détour s'impose.

Sous ses airs badins, la notion de cause a posé aux philosophes maints problèmes – et des plus épineux³. Certains d'entre eux, tel Schopenhauer, considèrent même que le principe de causalité demeure inexplicable sur un plan strictement philosophique. Car, argue-t-il, si la causalité est le principe dont tout procède, elle ne procède elle-même de rien (la causalité est incapable de rendre compte d'elle-même, elle n'a pas elle-même de cause⁴). Mais la notion de cause, au sens propre du terme, a également posé des problèmes aux physiciens, qui ont d'ailleurs fini par quasiment l'abandonner. Ils ne l'invoquent en tout cas plus de façon explicite. Après avoir joué un rôle essentiel

métaphysiques.

1. Sénèque, *De la brièveté de la vie*, X, dans *Les Stoïciens*, Gallimard, coll. « Pléiade », p. 705-706.

2. Leibniz, *Principes de la nature et de la grâce fondés en raison* (texte original en français), Paris, PUF, coll. Épiméthée, 2001, p. 83.

3. Voir notamment le livre de Max Kistler, *Causalité et lois de la nature*, Paris, Vrin, 2000.

4. Ce constat avait poussé Schopenhauer à faire l'expérience inverse de celle de Newton, qui s'était étonné que la pomme tombât et en avait découvert la cause. Schopenhauer, lui, s'étonne que la causalité découverte par Newton suffise à faire tomber la pomme, et se demande comment la causalité a pu devenir une évidence première pour tant de philosophes. Le problème posé est simple : les questions cessent-elles de se poser quand on a dit que « la pomme tombe en direction de la terre à cause de la force de gravitation » ou bien faut-il, en plus, répondre en cherchant la cause de la force de gravitation elle-même ? La théorie des supercordes, aujourd'hui à l'ébauche, donne un sens nouveau à cette question : au lieu d'être simplement constatée puis intégrée au formalisme, la gravitation acquiert le statut d'une prédiction tirée des principes mêmes de la théorie... Elle devient en quelque sorte nécessaire.

dans la physique des XVII^e et XVIII^e siècles, elle a vu son importance décliner peu à peu au XIX^e siècle, avec l'apparition des probabilités en physique statistique. Au XX^e siècle, la physique quantique lui a porté le coup de grâce. En effet, l'usage que cette physique fait des probabilités interdit qu'on puisse parler, à propos des processus quantiques, de cause au sens strict du terme. Et c'est ainsi que, de fil en aiguille, l'idée de cause s'est effacée au sein des théories scientifiques, au profit de celle de loi physique, ou s'est résorbée dans la dynamique même des systèmes¹.

Reste que c'est bien le principe de causalité, même épuré de l'idée de cause, qui a permis l'élaboration des théories de la physique moderne et qui, comme nous l'avons vu, structure en profondeur celles qui sont à l'ébauche : il vient imposer un ordre obligatoire et absolu entre divers types de phénomènes, sans que l'un puisse être présenté comme la cause de l'autre². Il n'est plus en somme qu'une méthode de rangement des événements qui tombent sous sa coupe, une règle qui les place selon un ordre systématiquement contraint.

En pratique, le principe de causalité se décline dans les différents formalismes de la physique : il s'adapte à chacun d'eux, y prend une forme qui dépend de la façon dont les événements et les phénomènes sont représentés. Ses conséquences sont toujours contraignantes. Elles s'expriment sous la forme d'interdictions ou de prédictions, qui peuvent et doivent être confrontées à l'expérience. Celles-ci dépendent de façon cruciale de la théorie qu'on considère³. En physique newtonienne, la causalité implique que le temps est linéaire et non cyclique (ce qui suffit à assurer qu'un effet ne peut pas rétroagir sur sa propre cause). En relativité restreinte, elle interdit qu'une particule puisse se propager plus vite que la lumière dans le vide (ce qui suffit à exclure les voyages dans le passé). En physique quantique non relativiste, elle est garantie par la structure même de l'équation de Schrödinger⁴. En physique des particules, elle a permis de prédire l'existence de l'antimatière, et elle s'explique formellement aujourd'hui par le biais de « l'invariance CPT » à laquelle doit obéir la dynamique des phénomènes physiques. Qu'exprime cette invariance CPT ? Le fait que les lois physiques qui gouvernent notre monde sont rigoureusement identiques à celles d'un monde d'antimatière observé dans un miroir et où le temps s'écoulerait à l'envers. Elle a notamment comme conséquence que la masse et la durée de vie des particules doivent être strictement égales à celles de

1. Max Kistler définit ainsi la causalité au sens moderne du mot : « Deux événements *c* et *e* sont liés comme cause et effet si et seulement s'il existe au moins une grandeur physique *P*, soumise à une loi de conservation, exemplifiée dans *c* et *e*, et dont une quantité déterminée est transférée entre *c* et *e*. », Max Kistler, *Causalité et lois de la nature*, *op. cit.*, p. 282.

2. Voir Thomas Kuhn, « Les notions de causalité dans le développement de la physique », dans Mario Bunge et alii, *Les Théories de la causalité*, PUF, 1971, p. 66-82.

3. Nous avons longuement insisté sur ce point dans *Les Tactiques de Chronos*, *op. cit.*, p. 85-109.

4. En physique quantique, le Hamiltonien est l'opérateur mathématique qui permet de décrire l'évolution d'un système physique au cours du temps. L'équation de Schrödinger fait jouer à cet opérateur le rôle de générateur infinitésimal des translations dans le temps, ce qui garantit le respect de la causalité.

leurs antiparticules. Dans sa formulation même, cette invariance rend explicite le lien qui existe entre causalité et antimatière.

Ces diverses déclinaisons et implications du principe de causalité, si on laisse de côté leurs aspects les plus techniques, sont claires. Si claires même, qu'elles tendent à masquer une difficulté conceptuelle redoutable. En effet, la notion de causalité ne peut être pensée, ni même définie, indépendamment des événements qui viennent l'incarner. De là une certaine ambiguïté de son lien avec le cours du temps : si celui-ci est contraint par le principe de causalité, cela signifie qu'il est indirectement « contaminé » par les phénomènes causalement reliés qui se déroulent en son sein. En d'autres termes, et malgré la distinction établie entre cours du temps et phénomènes temporels, on s'aperçoit que le principe de causalité vient (partiellement) les réamalgamer.

Nous voudrions insister sur un point : dès lors que, dans toutes les théories physiques, le cours du temps est soumis au principe de causalité, il ne peut être qu'irréversible, au sens où un instant ne peut se « présenter » deux fois. Le facteur temps ne sonne jamais deux fois. Cette irréversibilité lui confère d'ailleurs un aspect tragique au sens où elle n'est d'aucune façon compensable ou effaçable par la réversibilité de quelque mouvement que ce soit : si rapidement qu'on revienne à Paris après être allé à Chamonix, c'est irréversiblement que le temps a cependant passé au cours du trajet et qu'on s'en retrouve nécessairement plus âgé. Plus généralement, l'absence de flèche du temps n'empêche nullement les heures de défiler. Il y a quelque chose d'implacable, d'irréversible, dans le cours du temps. Rien ne l'arrête.

Cette irréversibilité du cours du temps, cette direction ferme qui est la sienne, est donc bien autre chose que la flèche du temps. Lorsqu'elle est présente, la flèche du temps advient *de surcroît*, en « habillant » le cours du temps (irréversible) de phénomènes irréversibles. Nous verrons au chapitre suivant que les physiciens sont parvenus à identifier, non sans difficultés, de possibles explications à l'irréversibilité des phénomènes. Toutes présupposent l'existence préalable d'un cours du temps établi, au sein duquel des phénomènes temporellement orientés, c'est-à-dire ne pouvant se produire dans les deux sens, viennent prendre place.

En avançant, le cours du temps n'évolue pas lui-même (tous ses instants se valent, ils ont le même statut). Il ne change pas sa façon d'être le temps, de produire des instants, de sorte qu'il permet de penser l'idée de permanence. Il échappe ainsi au devenir : la variable temps ne dépend pas du temps. La flèche du temps, elle, est la véritable expression du devenir, sa marque déposée. Elle se manifeste dans le cours du temps, qu'elle n'affecte en rien mais qu'elle colonise de phénomènes, irréversibles le plus souvent. L'idée de cours du temps précède donc, en un certain sens, celle de devenir.

C'est aussi ce que suggère le deuxième principe de la thermodynamique : pour pouvoir dire que l'entropie d'un système isolé subissant une transformation spontanée ne peut que croître au cours du

temps, il faut supposer implicitement que la transformation considérée se produit le long de la direction du temps qui nous transporte depuis notre « passé » jusqu'à notre « futur », et non dans la direction inverse. Il faut avoir préalablement défini un cours du temps.

Il convient donc de distinguer, conceptuellement et verbalement, le cours du temps de la flèche du temps, ou, pour parler comme Francis Wolff, le « temps-série » du « temps-devenir »¹. Certes, il n'est pas interdit de penser que les recherches à l'œuvre permettront un jour de les réunir sous la coupe d'un concept plus fondamental, démontrant qu'ils dérivent l'un et l'autre d'une réalité plus profonde. Reste que, dans le cadre de la physique conventionnelle, les notions de cours du temps et de flèche du temps se fondent sur deux idées différentes du changement, deux idées hétérogènes : *le changement irréversible de l'instant présent, que traduit le cours du temps ; et le changement parfois irréversible de ce qui est présent dans le présent, que traduit la flèche du temps*².

À coup sûr, cette distinction peut sembler bien abstraite et conceptuelle. Mais il est possible de l'illustrer, de la rendre visible. Observons l'œuvre de Roman Opalka qui, depuis 1965, peint chaque jour la suite des nombres entiers sur des toiles et se photographie lui-même après chaque séance de travail. La succession des nombres tracés matérialise le cours irréversible du temps, qui passe même si rien ne se passe, qui produit de l'inédit mais sans lui-même changer à mesure qu'il passe : chaque nombre écrit est certes neuf (de même que tout instant présent est radicalement neuf), mais il s'obtient toujours de la même façon, en ajoutant une unité au nombre précédent³. Quant aux photographies que l'artiste prend régulièrement de lui-même dans des conditions invariables (sur fond blanc, avec une chemise blanche, baignant dans un éclairage blanc, avec la même expression sur le visage), elles expriment la suite des changements qui affectent son corps au cours du temps, c'est-à-dire l'irréversibilité de son propre devenir. *D'une part*, le cours du temps est représenté par la succession des nombres et l'accumulation des toiles ; *d'autre part*, le devenir est représenté par la suite des photographies d'un même être changeant. Cette double représentation suffit à montrer, sinon à démontrer, que ces deux sortes d'irréversibilité, qui apparaissent toujours entremêlées au point de sembler indiscernables, sont en réalité séparables. Mais à les voir toujours se combiner et agir de conserve, nous avons tendance à les confondre, alors qu'en réalité elles ne sont jamais que superposées.

1. Francis Wolff, « Le temps passe-t-il ? », *L'Animal*, 13, Hiver 2002, p. 97-117.

2. Albert Lautman, un brillant mathématicien fusillé en 1944 à Bordeaux, avait déjà tenté de formaliser la différence entre ces deux notions : « Elles sont distinctes en ce sens que l'une concerne l'irréversibilité de ce que l'on pourrait appeler le temps pur, et l'autre, l'étalement dans le temps, selon cet ordre irréversible de l'avant et de l'après, des objets physiques de l'univers ». Voir Albert Lautman, *Les Mathématiques, les idées et le réel physique*, Paris, Vrin, 2006, p. 278.

3. Partant de 1 en 1965, Roman Opalka a atteint en 1972 le nombre 1 000 000. Le 22 juillet 2004, il était arrivé au nombre 5 486 028, avec – sans doute – un soupir provisoire de soulagement.

12

D'OU PROVIENT LA FLECHE DU TEMPS ?

*La vierge ne monte pas au ciel en priant.
Elle y monte par la force de ses antiprotons.*

Salvador Dali

Nous avons pu constater la physique a donné au cours du temps un statut limpide. Il traduit une première sorte d'irréversibilité, celle du temps même. Mais d'où vient que certains phénomènes temporels soient irréversibles et d'autres réversibles ? Lorsqu'un phénomène est irréversible, en d'autres termes lorsqu'une flèche du temps se manifeste, quelle en est l'origine ?

Car la flèche du temps n'est pas d'emblée présente dans les formalismes fondamentaux de la physique ! Ni en mécanique classique, ni en physique quantique, ni en théorie de la relativité ! Dès lors, comment l'appréhender ? D'où pourrait-elle bien provenir ?

L'interrogation a débuté voilà seulement un petit siècle et demi. C'est alors que des physiciens ont commencé à se demander si les phénomènes physiques pouvaient ou non « se dérouler dans les deux sens » : un processus dynamique capable de faire passer un système de l'état A à l'état B peut-il le faire passer de l'état B à l'état A ? Cette question est bien plus qu'une question, c'est une énigme, née de la conjonction de deux constats en apparence contradictoires :

1. Nous observons quotidiennement, autour de nous, de très nombreux processus physiques, dont les processus inverses correspondants n'ont soit jamais été observés, soit sont exceptionnels. Il s'agit donc, par définition, de phénomènes irréversibles.

2. Toutes les lois dynamiques qui gouvernent ces processus ne contiennent pourtant aucune asymétrie temporelle, c'est-à-dire qu'elles s'exprimeraient de la même façon si le cours du temps s'écoulait en sens inverse. Si elles permettent à un processus de se réaliser dans une direction du temps, elles permettent aussi qu'il se réalise dans l'autre : les états initial et final peuvent échanger leur rôle. On dit de telles équations qu'elles sont « invariantes par renversement du temps ». Tout se passe comme si le devenir ne « mordait » pas sur les processus qu'elles décrivent. Si un système peut

passer de l'état A à l'état B, il doit aussi pouvoir passer de l'état B à l'état A : la flèche du temps ne le concerne pas. Pour reprendre un exemple célèbre, évoqué par Einstein, « imaginons que l'on ait filmé le mouvement brownien d'une particule et que l'on ait conservé les images dans leur suite chronologique correcte ; seulement, on a oublié de noter si la suite temporelle correcte va de A à Z, ou bien de Z à A. L'homme le plus malin sera incapable de trouver la direction du temps à partir de ce matériel. Résultat : ce qui se passe dans le mouvement de cette particule à l'équilibre thermodynamique ne renferme aucune flèche du temps ¹. »

Dès lors, comment se fait-il qu'il y ait des phénomènes irréversibles ? D'où vient qu'il y ait une flèche du temps, c'est-à-dire une asymétrie dans la dynamique de certains systèmes que nous observons, alors que les équations de la physique n'en prévoient aucune ?

Mettons, ou plutôt remettons les points sur les i : répondre à cette question ne consiste pas à expliquer la « direction du temps », à dire les raisons pour lesquels il s'écoule dans tel sens plutôt que dans tel autre, encore moins à expliquer pourquoi nous ne nous souvenons pas du futur. Le problème posé concerne uniquement l'*asymétrie des processus physiques* au cours du temps, non l'asymétrie du cours du temps lui-même. Une analogie spatiale nous aidera à illustrer cette distinction cruciale. Imaginons une salle, très longue, dont la géométrie est parfaitement symétrique (songeons à un parallélépipède) : tous les murs en vis-à-vis sont identiques. Supposons maintenant que les chaises disposées dans cette salle soient toutes orientées dans le même sens. Le problème consistera alors à tenter d'expliquer l'asymétrie de la disposition des chaises, et non l'asymétrie de la salle elle-même. De la même façon, la flèche du temps correspond à une asymétrie des « contenus » du temps, c'est-à-dire des phénomènes temporels, non à une asymétrie du « contenant » lui-même, c'est-à-dire du cours du temps.

Des décennies durant, des physiciens se sont cassé les os du cerveau pour apporter des éléments de réponse à cette énigme. Au bout du compte, ils mettent en avant quatre registres d'arguments, subtils et délicats, permettant de cerner les origines de la flèche du temps. Nous les rappellerons brièvement² :

– *Le second principe de la thermodynamique*, c'est-à-dire la croissance de l'entropie pour les systèmes isolés. Dans l'interprétation de Boltzmann, qui lui est sous-jacente, il n'existe pas de flèche du temps au niveau microscopique, mais le niveau macroscopique crée l'illusion qu'il y en a une (c'est le sens profond du théorème H de Boltzmann, sur lequel nous reviendrons longuement dans la troisième partie).

1. Albert Einstein, *Correspondance avec Michele Besso*, « Lettre du 29 juillet 1953 », Paris, Hermann, 1979, p. 291.

2. Pour le lecteur qui voudrait en savoir plus, ces arguments sont explicités dans *Les Tactiques de Chronos*,

– *L'opération de mesure en physique quantique*, qui fait l'objet de débats passionnés depuis bientôt quatre-vingts ans. Elle est en général interprétée comme un processus temporellement asymétrique. Lorsqu'une particule est représentée par un vecteur d'état qui s'écrit sous la forme d'une somme de plusieurs termes, ses propriétés physiques sont indéterminées au sens où l'on ne peut pas leur attribuer une valeur définie qui soit certaine. Le vecteur d'état contient seulement toutes les possibilités du système, et il ne permet pas de calculer davantage que la probabilité que telle ou telle valeur soit sélectionnée au hasard à l'issue d'une mesure. Si une mesure est effectuée, une seule des possibilités contenues dans le vecteur d'état s'actualise, de sorte que le vecteur d'état n'est plus le même après la mesure : il y a eu « réduction du paquet d'ondes », et ce processus est irréversible¹.

– *La « violation de la symétrie CP »² lors de certains phénomènes régis par l'interaction nucléaire faible* : certaines particules instables, par exemple celles qu'on appelle les « kaons neutres », ne se comportent pas exactement comme leurs antiparticules, contrairement à ce qu'impose la symétrie dite « CP » (qui exige que notre univers ne soit pas modifié si toutes les particules étaient soudainement transformées en leurs antiparticules, et réciproquement). Plus précisément, elles ne se désintègrent pas en d'autres particules au même rythme que leurs antiparticules³. Cela signifie qu'elles se désintègrent selon une loi temporellement asymétrique. La raison profonde de cette asymétrie temporelle, qui demeure délicate à interpréter, n'est pas bien comprise. Si elle n'a pas obligé les physiciens à modifier, dans la théorie, le statut même du temps, elle pose la question de l'existence d'une « flèche du temps » à l'échelle microscopique, qui est elle aussi ardemment débattue⁴ ;

– *L'expansion de l'univers*, qui rendrait impossible tout retour d'un système à son état initial du fait que l'univers lui-même a évolué ; cela peut sembler contradictoire, car les équations de la relativité générale sont temporellement symétriques, mais en réalité leurs solutions cosmologiques,

op. cit., p. 125-145.

1. Pour approfondir la question, voir Étienne Klein, *Petit voyage dans le monde des quanta*, Paris, Flammarion, 2004.

2 A compléter sur épreuves.

3. Ce phénomène est largement décrit dans *Les Tactiques de Chronos*, *op. cit.*, p. 137-145.

4. Ce problème s'est un peu éclairci en 1998, lorsqu'une expérience du CERN, baptisée CPLEAR, a conclu que la violation de CP s'accompagne d'une violation concomitante de la symétrie T (qui consiste à inverser le cours du temps, et à donc intervertir le passé et l'avenir). Ainsi fut mesurée, pour la première fois, une différence entre un processus mettant en jeu une particule quasi élémentaire et le processus temporellement inversé. De plus, l'expérience CPLEAR a permis de vérifier que les deux violations, celle de CP et celle de T, « se compensent » exactement, de sorte que la symétrie globale CPT continue d'être respectée. Du point de vue conceptuel, ce point est capital, car l'invariance CPT ne fait rien d'autre qu'exprimer, dans un cadre quantique et relativiste, le principe de causalité. Le fait que cette invariance ait, là encore, « tenu bon », signifie que la dynamique des kaons neutres respecte le principe de causalité, et qu'il n'y a donc pas lieu de modifier la représentation du cours du temps à proprement parler.

celles qui sont censées régir l'évolution de l'univers, ne le sont pas. L'univers qu'elles décrivent est soit en expansion, soit en contraction, ce qui se manifeste par l'existence d'une flèche du temps cosmique, liée aux conditions aux limites de l'univers. Certains théoriciens, notamment Stephen Hawking et Roger Penrose, pensent que cette flèche pourrait être la flèche « maîtresse » de toutes les autres, mais tous les physiciens ne partagent pas ce point de vue.

Nous en avons assez dit pour nous permettre deux remarques.

La première est de loin la plus importante dans le cadre de notre propos : ces tentatives d'explication de la flèche du temps mobilisent des arguments qui diffèrent tous des contraintes que le principe de causalité impose au cours du temps, évoquées dans le chapitre précédent (temps linéaire, impossibilité de dépasser la vitesse de la lumière dans le vide, existence de l'antimatière, invariance CPT). *En définitive, les façons de rendre compte du cours du temps ne recouvrent jamais les façons de justifier la flèche du temps*, du moins au sein des théories utilisées couramment par les physiciens. C'est l'indice – mieux, la démonstration, si l'on veut bien tenir compte de l'extraordinaire efficacité des théories physiques dont il est ici question – que cours du temps et flèche du temps sont deux choses distinctes pour la physique contemporaine : l'irréversibilité des phénomènes ne provient pas de l'irréversibilité du temps, et *vice versa*.

La seconde remarque relève du constat : aucune des explications données à la flèche du temps n'est à même de constituer une véritable théorie, c'est-à-dire une construction qui reposerait sur un système hypothético-déductif. Il s'agit plutôt d'une *interprétation* de telle ou telle théorie physique, et non d'une *incorporation* au sein de tel ou tel formalisme. Il n'existe d'ailleurs pas de théories physiques opératoires au sein desquelles le devenir soit d'emblée intégré (par l'entremise d'équations fondamentales irréversibles). Dès lors, la façon dont on peut rendre compte du devenir en physique ne peut être qu'une affaire de lecture – ou d'exégèse – de théories qui ne l'incluent pas dans leurs principes. Ainsi, par construction, les interprétations de l'origine de la flèche du temps en viennent-elles à mêler physique et philosophie. Elles sont de ce fait discutables, et d'ailleurs ardemment discutées. Discussions qui ne sont pas sans rappeler le débat entre les tenants de Parménide et ceux d'Héraclite. Certains physiciens pensent qu'il ne s'agit que d'un faux problème : au motif que nulle flèche du temps n'apparaît dans les équations fondamentales de la physique, ils considèrent, comme Parménide, que le devenir n'est que pure apparence, intimement lié à la façon dont nos sens limités nous permettent de percevoir le monde. D'autres, dans la lignée héraclitéenne, considèrent que la physique actuelle, ne pouvant rendre compte explicitement du devenir, est soit fautive, soit incomplète – une sorte d'idéalité.

Les deux points de vue se défendent, à condition de bien s'entendre sur le sens des mots. Et de ne pas prétendre, comme le fait Ilya Prigogine, que la physique a nié le temps au seul motif que ses

formalismes n'incorporent pas de flèche du temps. Car, à défaut d'intégrer le devenir directement dans ces principes, elle incorpore toujours le cours du temps ! On peut donc tout à fait déplorer que la physique n'intègre pas d'emblée le devenir – mieux, suggérer comment elle pourrait lui donner une place dans ses formalismes –, mais certainement pas lui reprocher d'avoir oublié le cours du temps.

Plusieurs personnes avaient d'ailleurs tenté d'alerter Ilya Prigogine sur ce point, notamment le mathématicien René Thom. Dans un film récent de Joan Ubeda, *Dimension Dali*, on découvre plusieurs scènes d'un colloque international que Salvador Dali organisa chez lui en 1985, peu de temps avant sa mort. Intitulé « Culture et sciences : déterminisme et liberté », ce symposium rassembla durant plusieurs jours philosophes, artistes et scientifiques venus du monde entier, parmi lesquels René Thom et Ilya Prigogine. Ils s'étaient déjà affrontés par articles interposés, mais se rencontraient pour la première fois. Prigogine donna une communication sur le temps, à la suite de laquelle les deux hommes eurent un échange extrêmement vif. Principal argument de René Thom : la possibilité d'inverser « sur le papier » le signe du temps dans une équation de la physique n'implique nullement celle de renverser « physiquement » le sens du temps. Seule la direction des phénomènes peut être physiquement inversée, non celle du cours du temps¹. Wittgenstein l'avait dit à sa façon, éclairante, dès les années 1930 : « Ce qu'on dit ordinairement sur le "sens du temps" et la loi de l'entropie revient à ceci que le temps changerait son sens si les gens commençaient un jour à marcher à reculons. Si l'on veut, on peut appeler cela ainsi ; mais il faut seulement, à ce moment-là, avoir les idées claires sur le fait qu'on ne dit par là rien de plus que : les hommes ont changé le sens de leur marche² ». Le renversement des mouvements n'équivaut jamais, en effet, à un renversement du temps.

Quelle leçon tirer de cet épisode ? Qu'un vocabulaire mieux choisi, une rigueur conceptuelle plus grande permettraient sans doute de traduire comment les différentes théories formalisent le cours du temps, interprètent la flèche du temps, articulent temps et devenir. En somme de mieux penser la question du temps. « Penser, c'est être en lutte avec la langue »¹, pour reprendre encore un propos de Wittgenstein.

Ainsi, le principe de causalité qui, sous les coups de boutoir de la physique quantique, a été très largement apuré de l'idée même de cause, pourrait être avantageusement rebaptisé « principe

1 Prigogine ne semble pas avoir été pris acte de cette remarque, pourtant fondamentale, de René Thom. À une lettre de remerciement que Dali lui adressa après le symposium, il répondit par ces mots, qui montrent qu'il persistait à penser que la physique nie vraiment le temps : « Votre conception de l'espace-temps est, d'un certain point de vue, plus actuelle que celle d'Einstein. Dans l'œuvre d'Einstein, on spatialise le temps. Vous, au contraire, vous temporalisez l'espace et je crois comprendre que le temps, dans votre œuvre, est intrinsèque aux objets et non pas ajouté, comme de l'extérieur, à des objets éternels » (Cette lettre est citée dans Louis Pauwels, *Dali m'a dit*, Paris, Carrère, 1987, p. 122).

2. Ludwig Wittgenstein, *Remarques mêlées (1931)*, Garnier-Flammarion, 1994, p. 73.

d'antécédence » ou « principe de protection chronologique ». De la même façon, lorsqu'on fait référence à un processus physique, l'expression « renversement du temps », au demeurant fort curieuse², pourrait être remplacée par « inversion du mouvement », car il ne s'agit pas en l'occurrence de mettre en oeuvre une machine à remonter le temps, mais d'inverser les vitesses des entités physiques concernées. Le cours du temps (ou la direction du temps) est certes arbitraire lorsque la dynamique du phénomène est réversible, mais il n'empêche qu'une fois spécifié il ne peut être renversé.

Il en va finalement avec le cours du temps comme avec les charges électriques : dire que l'électron porte une charge négative et le proton une charge positive relève d'une convention. Et changer cette convention, en décrétant que la charge de l'électron est désormais positive et celle du proton négative, ne changerait rien, ni aux lois physiques ni à l'univers. On peut ainsi élaborer, selon un choix conventionnel, des lois physiques qui, elles, ne sont pas conventionnelles.

Prétendre que le cours du temps n'existe pas, sous prétexte que son sens est arbitraire, revient à dire que les charges électriques n'ont pas de réalité, sous prétexte que les lois physiques ne changent pas lorsqu'on inverse leur signe.

1 Ludwig Wittgenstein, *Remarques mêlées*, *ibid.*, p. 78.

2. L'anecdote suivante suffit pour s'en convaincre. Le physicien théoricien Bruno Touschek (1921-1978), d'origine autrichienne mais qui vécut en Italie, fit un jour une chute à moto, alors qu'il rentrait chez lui en état d'ébriété. Aux personnes accourues à sa rescousse, et qui le questionnaient sur son identité et sa profession, il répondit : « Je suis physicien, spécialisé dans l'étude du renversement du temps (*il rovescio del tempo*) ». L'expression parut si étrange aux oreilles de ses secouristes qu'ils le transportèrent aussitôt jusqu'à l'hôpital psychiatrique le plus proche.

LA PHYSIQUE OU LE PROTOCOLE DU DEVENIR

Le temps lui-même en l'entier de son déploiement ne se meut pas et est immobile et en paix.

Martin Heidegger

Si, dans le flux perpétuel qui emporte tout, rien ne demeurerait fixe et ne gardait éternellement son être, le monde cesserait d'être connaissable et tout se perdrait dans la confusion.

Gottlob Frege

Ainsi, la physique contemporaine considère qu'il existe un cours du temps, dont la structure garantit à tous les instants le même statut, au sein duquel le devenir vient prendre place. Grâce à ce découplage, à cette distinction fonctionnelle qui permet d'envisager que dans le temps qui passe quelque chose du temps ne change pas, elle peut s'attacher à rechercher des relations invariables entre les phénomènes, des rapports soustraits au changement. Même lorsqu'elle s'applique à des processus qui ont une histoire ou une évolution, elle peut les décrire à partir de formes, de lois, de règles qui sont indépendantes du temps, c'est-à-dire les mêmes en tout instant du temps. Ainsi espère-t-elle construire une « législation des métamorphoses » s'appuyant sur des notions insoumises au cours du temps. Sa démarche revient en somme à exprimer le devenir à partir d'éléments qui échappent au devenir, à décrire des évolutions et des histoires à partir de règles qui *sont* mais ne *deviennent* pas. La physique prédique ce qui arrive à ce qui demeure.

C'est ce qu'Émile Meyerson, que nous avons déjà évoqué, avait noté : « En recherchant l'explication d'un phénomène, ce que le physicien poursuit en réalité, c'est la démonstration que l'état conséquent ne diffère point du précédent, mais peut au contraire être considéré comme lui étant identique. La science s'applique donc, en l'espèce, à rendre identiques, pour la pensée, des choses qui ont tout d'abord paru différentes à la perception¹. » L'histoire de la résolution du

1. Emile Meyerson, *Du Cheminement de la pensée*, Paris, Alcan, 1931, chap. III, § 28.

problème du mouvement des corps est archétypale de cette démarche. Toute l'affaire, on le sait, s'est jouée entre deux concepts, celui de *changement* d'une part, celui de *mouvement* d'autre part. S'il s'agit d'un *changement*, l'événement doit être compris comme une transformation de ce qui se meut : il y a modification incessante du mobile qui passe d'un lieu dans un autre. Une telle approche est, pour l'essentiel, celle que proposaient Aristote et la physique prégaliléenne, ainsi que le rappelait Alexandre Koyré dans ses *Études galiléennes* : « Le mouvement pour Aristote est un processus, un devenir dans et par lequel se constituent, s'actualisent et s'accomplissent les êtres¹. » Il est donc quelque chose qui affecte le mobile et s'accomplit en lui. Compris comme une production ou une destruction, un tel événement ne peut être reconstruit à l'intérieur du domaine de l'intelligibilité mathématique.

Pour résoudre cette difficulté, explique Meyerson, on a substitué au concept de changement celui de *déplacement* : « Quand un corps s'est déplacé, il a bien subi une modification ; et cependant il m'apparaît comme identique à lui-même. Cela tient à l'essence même de notre concept de l'espace, tel que nous le retrouvons au fond non seulement des sciences physiques, même réduites à la partie légale seule, mais encore de la géométrie. Le déplacement m'apparaît donc comme le seul changement intelligible². » Le mouvement est devenu simple déplacement dans un espace homogène, abstrait, loin de l'espace concret du cosmos des Anciens. En se déplaçant, le mobile ne se métamorphose plus. Il ne fait que changer de position. Le mouvement peut alors, comme le repos, se conserver indéfiniment de lui-même. Il n'est qu'un *état*.

Ce qui caractérise le mouvement inertiel de la mécanique classique est donc qu'il ne s'y passe rien, qu'il est comme s'il n'était pas. Certes, il s'accomplit dans l'espace et dans le temps, mais sans que le mobile soit affecté par eux. Cette transformation du mouvement en déplacement échappant à l'historicité a joué un rôle crucial en physique. Elle a notamment permis de faire entrer le mouvement dans le champ de la mathématisation.

La physique, dans sa version moderne, avait-elle d'autre choix ? Pouvait-elle dire l'historicité des phénomènes sans convoquer des lois échappant à l'histoire ? Dire un *Logos*, pour parler comme Héraclite ? S'il n'existe pas de théorie physique dont les concepts intègrent d'emblée le devenir, c'est parce qu'il est impossible d'exprimer le devenir en n'invoquant que lui. Car comment fonder une théorie à partir de concepts fluctuants ? Si les notions figurant dans l'énoncé des lois physiques n'étaient pas supposées fixes, que deviendrait le statut de ces lois ? La physique semble condamnée à postuler la constance *dans le temps* du lien entre les termes que ses lois relient.

1. Alexandre Koyré, *Études galiléennes*, Paris, Hermann, 1986, p. 122.

2. Emile Meyerson, *Identité et Réalité*, *op. cit.*, p. 246.

Un théorème fondamental donne toute sa force à cette idée en reliant presque mécaniquement deux notions en apparence bien distinctes : celle de conservation et celle de symétrie. En 1918, la mathématicienne Emmy Noether établit qu'à toute invariance selon un groupe de symétrie est nécessairement associée une quantité conservée en toutes circonstances, c'est-à-dire une loi de conservation. Postulons par exemple que les lois de la physique sont invariantes par translation du temps, c'est-à-dire qu'elles ne changent pas si l'on modifie le choix de l'instant de référence, « l'origine » à partir de laquelle sont mesurées les durées. Cela consiste à dire que les lois régissant toute expérience de physique ne sauraient dépendre du moment particulier où l'expérience est réalisée : pour elles, tout instant doit en valoir un autre, de sorte qu'il n'existe aucun instant particulier qui puisse servir de référence absolue pour les autres. Ils doivent donc tous avoir le même statut vis-à-vis des lois physiques, un statut indépendant de la position particulière que chacun occupe dans le cours du temps. En d'autres termes, le statut physique de chaque instant doit être un invariant. Lorsqu'on applique le théorème de Noether, on découvre que cette invariance par translation du temps a pour corollaire direct la conservation de l'énergie. Pour illustrer ce résultat, prenons un exemple : imaginons que la force de pesanteur varie de façon périodique dans le temps, qu'elle soit par exemple très faible chaque jour à midi et très forte à minuit. On pourrait alors monter quotidiennement une charge au sommet d'un immeuble à midi, puis la projeter dans le vide à minuit. L'énergie ainsi gagnée serait plus élevée que l'énergie dépensée. Il n'y aurait donc plus conservation de l'énergie.

La loi de conservation de l'énergie revêt donc une signification qui dépasse largement sa formulation habituelle : elle exprime rien de moins que la pérennité des lois physiques, c'est-à-dire leur invariance au cours du temps¹.

On objectera que l'univers d'aujourd'hui ne ressemble guère à l'univers primordial. Certes, mais en réalité, ce sont les conditions physiques qui ont changé, non les lois. En tous ses points d'espace-temps, l'univers a conservé la mémoire de ce qu'il a été ainsi que la possibilité d'y rejouer le scénario de ses premiers instants. Ainsi, lorsque des physiciens provoquent de très violentes collisions de particules dans des accélérateurs de haute énergie, ils obtiennent des indications sur ce que fut le passé très lointain de l'univers. En effet, ils créent – ou plutôt *recréent* – dans un tout petit volume et pendant une durée très brève les conditions physiques extrêmes qui étaient celles de l'univers primordial (très haute température et très grande densité d'énergie). De ces chocs sortent de très nombreuses particules qui proviennent de la matérialisation de l'énergie des particules incidentes. La

1. De la même façon, l'invariance des lois physiques par translation d'espace, qui signifie qu'elles sont les mêmes en tous lieux, a pour conséquence la conservation de l'impulsion. Cette loi de conservation interdit en particulier toute modification spontanée du mouvement, conformément au principe d'inertie. Elle revient à dire

plupart de ces particules n'existent plus dans l'univers : trop fugaces, elles se sont rapidement transformées en d'autres particules plus légères et plus stables qui constituent la matière d'aujourd'hui. Mais l'univers n'en a pas moins intimement conservé la possibilité de faire réapparaître en son sein, selon des lois physiques invariables, ces objets qu'il ne contient plus.

Il arrive toutefois qu'on cherche à voir si les lois physiques ont pu varier dans le temps. Dans la pratique, ce problème est souvent ramené à une formulation plus économique : on suppose que ce qui a pu varier au cours du temps, ce ne sont pas les lois elles-mêmes, mais les constantes universelles qu'elles font intervenir, par exemple la constante de la gravitation universelle. Paul Dirac avait proposé une telle hypothèse dans les années 1930 dans le but de rendre compte tout à la fois des phénomènes cosmologiques et microscopiques¹. Cette théorie ne peut être reprise telle quelle aujourd'hui, car des observations cosmologiques variées ont établi la remarquable constance des constantes universelles de la physique sur de très grandes durées.

Mais on peut aussi considérer, à la suite de physiciens comme Lee Smolin, que l'invocation d'une invariance absolue des lois physiques, qui ne feraient que téléguider l'évolution de l'univers, relève d'un postulat métaphysique dont la physique contemporaine devrait se débarrasser de toute urgence². Elle pose notamment la question de savoir ce que faisaient les lois physiques, supposées identiques à elles-mêmes de toute éternité, avant qu'apparaissent l'espace, le temps, la matière. Étaient-elles déjà là, à attendre patiemment qu'un univers veuille bien se donner le mal d'apparaître afin de les rendre *effectives* ? Mais que signifie attendre quand il n'y a pas encore de temps ? Et puis ces lois, où étaient-elles ? Dans l'empyrée des Idées pures, surplombant le néant ?

Plutôt que d'affronter ces terribles questions, pourquoi ne pas imaginer que les lois physiques, comme l'univers lui-même, évoluent au cours du temps, en une sorte de processus adaptatif de type darwinien ? C'est exactement ce que suggère Lee Smolin : il y aurait comme une sélection naturelle cosmologique des lois physiques, qui permettrait à l'univers de changer, au cours du temps, ses propres lois d'évolution. L'univers s'adapterait en quelque sorte à son propre état, et ses lois physiques ne s'actualiseraient que lorsque les objets auxquels elles s'appliquent deviendraient effectivement présents. Cette idée, déjà suggérée à la fin du XIX^e siècle par le philosophe Charles Peirce, a le mérite de restituer la singularité de tout instant présent, singularité qui est abandonnée dans le cadre de la théorie de la relativité : chaque « maintenant » pourrait être caractérisé par un certain état des lois physiques, permettant de le distinguer de tous les « maintenant » qui l'ont précédé et de tous ceux qui le suivront.

que l'espace est homogène, c'est-à-dire que ses propriétés ne peuvent pas différer d'un point à un autre.

1. Paul Dirac, « A new basis for cosmology », *Proceedings of the Royal Society*, A155, 1938, p. 199-208.
 2. Lee Smolin, *The Life of the Cosmos*, Londres, Weidenfeld and Nicholson, 1997.

De nouvelles questions surgissent aussitôt, encore plus redoutables : existe-t-il ou non une méta-loi qui pilote cette évolution des lois physiques ? Et si elle existe bel et bien, cette méta-loi évolue-t-elle d'elle-même ? Comme on le voit, la question de l'origine, qu'il s'agisse de l'origine de l'univers ou de celle de ses lois, est toujours amenée à se déplacer, en l'occurrence de lois en méta-lois, de méta-lois en super-lois, de super-lois en méta-super-lois, etc.

