

Penser ensemble

l'espace et le temps

Bernard GUY
Ecole nationale supérieure des mines de Saint-Etienne
158 Cours Fauriel, 42023 Saint-Etienne cedex 2, France
guy@emse.fr

Novembre 2010

Résumé

Les fondements des concepts de temps et d'espace doivent être discutés, non dans une pensée de la substance (chacun alors est défini par une série de caractères qui lui sont propres) mais dans une pensée de la relation (chacun se définit en opposition à l'autre). Nous pouvons parler d'une opposition entre relations spatiales et relations temporelles (définies entre les éléments du monde), ou encore entre relations d'immobilité relative (sur lesquelles nous construisons l'espace) et relations de mobilité (sur lesquelles nous construisons le temps). Nous sommes ainsi renvoyés au *mouvement* à qui nous donnons un caractère « primaire », la dualité temps espace n'étant pas fondée sur une dualité de substances mais sur la multiplicité des éléments du monde et du possible partage, par leurs mouvements relatifs, de leurs relations en deux ou plusieurs groupes. Ce partage ne fait pas l'économie d'un certain nombre de difficultés conceptuelles ou logiques et de la nécessité d'un arrêt (au moins provisoire) devant des situations d'incertitude, incomplétude, récursivité, contradiction ; toutes ces situations sont déjà discutées par exemple à propos de la mécanique quantique et on les retrouve dans la pensée de l'espace et du temps. Cette démarche fait aussi apparaître les étapes ou conditions de la pensée de la relation, en une structure abstraite très générale.

Deux parties d'application sont proposées :

- à la physique tout d'abord, en évoquant quelques questions qui peuvent être relues dans la présente vision ; l'identification que nous pouvons faire entre temps et mouvement n'est pas sans conséquences concrètes. Elle nous conduit à utiliser trois coordonnées pour construire le temps, non en ajout des coordonnées spatiales, mais comme trois d'entre elles à adjoindre à celles des points de l'espace : elles correspondent à celles d'un point particulier, exprimées dans le même repère, et dont le mouvement nous sert pour définir le temps. Ceci a de multiples conséquences pour le fonctionnement du formalisme (écriture des lois générales de conservation en physique, des transformations de Lorentz, des équations de Maxwell ; reprise des équations de la gravitation...).

- à la culture de façon plus large ensuite, en reprenant certaines apories du temps et la solution que nous en proposons. Les difficultés qui se posent (multiplicité des temps, sens des catégories passé/présent/futur) s'éclairent par un double constat - de multiplicité des relations / multiplicité des temps et - de choix nécessaire (inévitable) d'un temps unique pour pouvoir communiquer.

Nous terminons à propos de la question que pose le titre : pouvons-nous penser « ensemble » l'espace et le temps ? Oui, au moins de façon provisoire, dans l'image mentale qui relie l'un à l'autre dans le *mouvement*. Oui, un instant seulement, en un tiers inclus éphémère, avant que l'on ne « s'arrête ». Souvenons-nous en effet d'Aristote dans la Physique : « il faut s'arrêter ». Seule cette halte permet le discours et la connaissance, et, après elle, nous ne supportons plus la contradiction et le tiers inclus. Mais ce que nous pouvons souligner maintenant c'est le caractère conventionnel, fragile, jamais définitif, de cet arrêt, au sein d'une transhumance infinie, qui sans cesse nous demande de remettre sur le métier nos formulations. Plus généralement, nous proposons de voir dans toute relation un aspect spatial (l'écart qui sépare les deux termes de la relation) et un aspect temporel (le parcours du chemin qui les relie).

Mots clés : temps ; espace ; mouvement ; pensée de la relation ; pensée de la substance ; théorie de la relativité ; incertitude ; incomplétude ; paramètre temporel tri-dimensionnel

Thinking of space and time together

Abstract

The foundations of the time and space concepts must be discussed, not inside a thinking of substance (each of the two concepts is then defined by a series of characters of its own) but inside a thinking of relation (each concept is defined in opposition to the other). We can speak of an opposition between spatial and temporal relations, or between relative immobility and mobility relations (relations are defined between the material points, or elements, of the world). We are thus led to the *movement* concept to which we give a "primary" character. Space-time duality is not based on a duality of substances, but on the multiplicity of the elements of the world, and the possible sharing (based on their relative movements) of their mutual relations, between two (or more) groups. This sharing does not avoid a number of conceptual and logical difficulties and the need for a (at least provisional) stop, and the facing of situations containing some uncertainty, incompleteness, recursivity, contradiction... All such situations are already discussed about quantum mechanics and one finds them in the thinking of space and time. This approach also makes appear, within a very general abstract structure, the steps, or conditions, for thinking by relation.

Two parts of applications are proposed:

- first to physics; several topics may be discussed within the present approach: the identification that we can do between time and movement is not without practical consequences. It leads us to use three coordinates to construct the time parameter, not in supplement to spatial coordinates, but as three of them, and that one must add to those of the spatial points: they correspond to the coordinates of a particular point, measured in the same spatial frame, the movement of which we use to define time. This has many implications for the functioning of the formalism (writing general conservation laws in physics, Lorentz transformations, Maxwell's equations; modification of the equations of gravity ...).
- second, application to culture in the large; the time paradoxes may be discussed and we propose a solution. The difficulties that arise (existence of a multiplicity of times, meaning of the past / present / future categories) are clarified by two statements: - the multiplicity of relations generates a multiplicity of times and – a single time parameter must necessarily be chosen in order to communicate but it is conventional.

We conclude about the question set by the title of the paper: can we think of space and time "together"? Yes, at least provisionally, by means of the mental image that links them within the *movement*. Yes, only for a moment, within an ephemeral acceptance of contradiction, before a compulsory "stop." Let us remember Aristotle's Physics indeed: "we must stop." Only this stop allows us to build our knowledge, and after it, we no longer tolerate contradiction. But what we can highlight now, is the conventional, fragile, never ended nature of this stop, along an infinite transhumance, which constantly asks us to renovate our way to speak of the world. More generally, we propose to see, in any relation, a spatial aspect (the gap between the two terms of the relation) and a temporal aspect (the travel along the path that connects them).

Key words: space; time; movement; thinking by substance; thinking by relation; relativity theory; uncertainty; incompleteness; three-dimensional time parameter

1. Introduction

Dans ce travail, nous voulons discuter les concepts d'espace et de temps, non selon une *pensée de la substance*, comme on le fait le plus souvent, mais selon une *pensée de la relation*. Dans une première partie, nous décrivons succinctement ces deux modes de rationalité. Dans une deuxième partie, nous opposons des relations appelées spatiales entre les éléments du monde (sur lesquelles nous construisons l'espace) à des relations appelées temporelles (sur lesquelles nous construisons le temps). Nous nous arrêtons ensuite sur les caractéristiques d'une telle pensée de la relation ou, plus précisément ici, pensée du mouvement, qui font apparaître un certain nombre de limites conceptuelles et logiques (situation d'incomplétude, présence d'incertitudes, de boucles de récursivité, de contradictions). Puis c'est l'occasion de faire apparaître, lors de notre discussion sur espace et temps, les étapes ou conditions de la pensée de la relation, en une structure abstraite très générale. Nous poursuivons par deux parties d'application : - à la physique tout d'abord, en évoquant quelques questions qui peuvent être relues dans la présente vision ; - à la culture de façon plus large ensuite, en reprenant certaines apories du temps et la solution que nous en proposons. Nous terminons par quelques lignes de conclusion à propos de la question que pose le titre de cet article : pouvons-nous penser « ensemble » l'espace et le temps ? Les références bibliographiques sont volontairement limitées à l'essentiel (y compris en ce qui concerne les travaux de l'auteur) sur un sujet extrêmement vaste. Elles donnent accès à une importante littérature.

2. Penser en termes de substance / penser en termes de relation, deux rationalités différentes

Comment pensons-nous le monde, comment le disons-nous ? Nous nous comportons le plus souvent comme si nous pouvions le regarder de l'extérieur, et mettre en correspondance les éléments que nous y distinguons avec des mots d'un « espace » de connaissances, indépendant et au dessus de lui, tel un ciel d'idées platoniciennes, un monde d'essences éternelles. Ainsi pour penser ou dire le « cheval », nous le mettons spontanément en correspondance avec une définition du cheval (animal ayant tels caractères), ainsi que nous le faisons dans un dictionnaire, quitte à compléter la première définition par d'autres. Il n'est pas alors nécessaire d'opposer les éléments du monde les uns aux autres, de les comparer, chacun

est vu en lui-même, pour lui-même. Pour en revenir à notre exemple, nous n'avons pas besoin de penser « en même temps » à la vache ou au cochon pour dire que le cheval n'en est pas. Nous qualifions cette pensée de pensée de la, ou en termes de, substance. Les caractères de cette pensée ont été exposés, avec des variantes, par de très nombreux auteurs. Nous pouvons citer, pour leur rôle décisif, Platon, Aristote ou, plus près de nous, Descartes.

Cette pensée, qui s'appuie sur une apparente nature ou substance propre des éléments du monde, montre ses limites, spécialement aujourd'hui. Une autre pensée s'est développée au fil des siècles, en parallèle au courant dominant. Elle a été énoncée d'abord par Héraclite et les présocratiques, puis, en sautant à la période actuelle et sans chercher l'exhaustivité ni les nuances, on peut en trouver des éléments de synthèse chez des chercheurs comme Edgar Morin [Morin 1986], [Morin 2005]. Des auteurs contemporains tel Jullien (en particulier à propos de la pensée chinoise, voir par exemple [Jullien 1993], [Jullien 2006]) et Bitbol [Bitbol 2010] en ont repris l'analyse et l'exposition. Ce second mode de penser insiste sur le fait que nous ne sommes pas à l'extérieur du monde, mais en son sein : nous ne voyons que des relations ou des oppositions entre les éléments du monde. Pour penser au cheval, nous faisons (ou avons fait), en réalité une série de comparaisons entre les différents animaux ; nous énumérons ce qui rend le cheval différents d'eux. Dire ce qu'est le cheval revient en somme à faire la liste de tous les animaux qu'il n'est pas. Cela implique que, d'une certaine façon, en pensant au cheval, nous pensons en même temps à tous les autres animaux, vivants et passés (et au-delà aux corps inanimés...) et faisons des partitions, des séparations en leur sein pour le définir. C'est d'ailleurs ainsi que la pensée scientifique procède aujourd'hui de façon plus rigoureuse pour situer le cheval dans un système de classes selon une approche phylogénétique (combien de caractères le séparent de tel ou tel animal ?) par opposition à la démarche antérieure de construction d'un arbre d'évolution (a-t-il en propre tel ou tel caractère ?). Nous qualifions cette pensée de pensée de, ou par, la relation, ou de pensée en termes de relations.

Même si cette intelligence de la relation est insuffisamment mise en valeur de façon générale dans la pensée contemporaine, nous estimons que c'est véritablement ainsi que nous pensons ou commençons à penser, y compris, et nous en venons au propos de cet article, pour des catégories fondamentales comme l'espace et le temps. Ainsi dans la conception première que nous venons de rappeler, nous imaginons que nous mettons en correspondance avec l'espace et le temps (supposés découverts par l'expérience) une série de qualificatifs permettant d'en

rendre compte de façon indépendante l'un de l'autre. Il n'est pas alors besoin de « penser » à l'espace pour parler du temps, ou de « penser » au temps pour parler de l'espace.

Dans le présent texte, nous voulons développer le point de vue que les concepts de temps et d'espace doivent être discutés dans une pensée de la relation : pour penser le temps nous avons besoin de l'opposer à l'espace, pour penser l'espace nous avons besoin de l'opposer au temps. L'espace et le temps sont pensés ensemble, en opposition l'un à l'autre. Ce sera une façon de reconnaître que, si nous associons si souvent espace et temps pour décrire le cadre des phénomènes offerts à notre investigation, ce n'est pas du tout un hasard : ce sont pile et face de la même pièce, ce sont les deux visages d'une même réalité. En parlant ainsi de l'espace et du temps, nous verrons aussi comment fonctionne la pensée de la relation.

3. Relations entre les éléments du monde : relations spatiales, relations temporelles ; construction des concepts d'espace et de temps

Notre monde nous est donné une seule fois et non trois (une fois avec l'espace seul sans le temps, une fois avec le temps seul sans l'espace, une troisième avec espace et temps) : il n'y a pas d'étiquette sur ce qui est temps ni étiquette sur ce qui est espace. Dans notre compréhension, l'espace et le temps n'ont pas de réalité propre, ce sont des concepts abstraits à partir de ce que nous pouvons dénommer les relations entre les éléments du monde. Nous répartirons ces relations entre des relations baptisées spatiales, et des relations baptisées temporelles (on notera que, en parlant de pensée de la *relation*, nous utilisons ce dernier mot au second degré, par rapport à ce que nous appelons au premier degré aussi *relations*, spatiales et temporelles ; le contexte d'utilisation des mots évitera les ambiguïtés, et nous ne discuterons pas les problèmes de récursivité qui se posent à cet endroit). Comment pouvons-nous comprendre l'opposition, ou la séparation, entre les relations spatiales et les relations temporelles ? Nous avons analysé cela dans de nombreux travaux, voir par exemple [Guy 2004], que nous pouvons reprendre brièvement. Plusieurs expositions sont possibles. Partons d'une approche pragmatique et regardons comment nous construisons effectivement, depuis des millénaires, d'une part les règles et repères d'espace qui nous servent pour jalonner nos territoires, et d'autre part les horloges et repères temporels qui nous servent pour ordonner les événements. Pour l'espace, nous plantons des bornes dans notre terre, ou nous désignons des règles, et, à l'aide des triangulations de la géométrie, établissons des cartes. Pour le temps,

nous repérons les différentes positions du soleil (qui bouge par rapport à la terre), ou les différentes positions d'un repère associé à un système mécanique plus ou moins sophistiqué, ou par extension nous regardons les positions d'un photon dans une boîte que nous appelons horloge atomique et par rapport aux parois desquelles il se déplace ; nous mettons en correspondance les événements de notre histoire avec ces positions. Ce faisant, parmi les multiples points que nous pourrions déclarer mobiles, nous en privilégions un sur lequel nous pouvons nous mettre d'accord (selon des modalités qui peuvent être discutées).

Nous considérons que, par ces opérations, nous fonctionnons déjà, peut-être sans nous en rendre compte, selon un régime de la pensée par relation ou pensée par opposition. Nous faisons en effet une partition dans notre monde entre un ensemble de points de positions relatives stables, immobiles ou invariantes (les bornes ancrées sur les montagnes ; les extrémités de la règle) et un point, ou un ensemble de points, mobile(s) par rapport aux premiers : le soleil, les aiguilles de l'horloge, les grains de sable dans le sablier, les photons etc. (nous pourrions rajouter les vagues de la mer, les nuages...). C'est bien grâce à cette opposition que nous définissons à la fois les uns et les autres. Ce faisant, nous n'exprimons rien de « positif » sur chacun des deux groupes de points en particulier. Nous exprimons simplement un point de vue relatif : nous « immobilisons » les premiers par rapport aux seconds déclarés mobiles (et plus précisément, déclarés mobiles à vitesse constante dans une horloge), sans être sûr fondamentalement de la réelle immobilité des uns (ou, ce qui est équivalent, de la constante mobilité des autres), en fonction de mots qui seraient donnés extérieurement au monde, prononcés par l'usage de critères indépendants de lui (des règles et des horloges). Il faudrait dire plutôt en bref que les premiers points ne bougent « pas trop » par rapport aux seconds. Dans cette construction par opposition, il y a un degré d'arbitraire, comme des expériences simples de pensée nous le montrent (voir Guy, op. cit.). En effet, si nous vivions beaucoup plus longtemps, beaucoup plus lentement, les montagnes (sur lesquelles nous avons planté nos bornes) bougeraient comme les vagues de la mer. Nous pourrions nous en servir pour définir le temps. Ce qui servait donc à définir l'espace servirait à définir le temps. Mais nous pouvons aussi imaginer : si nous vivions moins longtemps, à un rythme plus rapide, les grains de sable dans le sablier ne bougeraient pas durant notre vie entière. Nous pourrions nous en servir pour repérer l'espace. Ce qui servait donc à définir le temps servirait à définir l'espace... Certains diront : « c'est une belle allégorie », mais à un moment donné, nous allons pouvoir nous arrêter quelque part et annoncer : voilà l'espace, voilà le temps. Eh bien non ! Dans ce continuum de déplacements relatifs, l'on ne peut pas

s'arrêter de façon absolue, de façon définitive ; il n'y a pas de coupure préexistante, il n'y a pas d'outils en dehors du monde qui pourraient nous donner accès à de l'espace et du temps fondamentalement distincts l'un de l'autre. *Ce n'est pas un problème de perception subjective qui pourrait être résolu par des appareils plus fins: ni l'observateur, ni les outils de mesure, qui sont tous à l'intérieur du monde, ne peuvent s'arrêter à une frontière absolue.* La constante mobilité et l'immobilité sont pensées ensemble ; nous sommes dans une situation d'autoréférence, conduisant à des propositions indécidables. Nous faisons une coupure « provisoire » entre espace et temps, en arrêtant une régression qui nous mènerait à l'infini. Nous accédons alors à une description plus ou moins précise du monde. C'est ce qui est exprimé dans les transformations de Lorentz de la théorie de la relativité. Et dans cette coupure se joue notre liberté de choix, nous pouvons parler de « choix arbitraires » (laissés à notre libre arbitre). Nous construisons aujourd'hui une physique « appuyée » sur la lumière, dans la décision $c = cste$ (c est la vitesse de la lumière). Mais nous pourrions construire une physique où c 'est la vitesse du mouvement apparent du soleil autour de la terre qui est constante, comme l'humanité l'a fait dans le passé (ou plus précisément la vitesse de rotation sidérale), ou d'autres physiques encore. Et nous pourrions contempler de l'extérieur ces physiques contradictoires entre elles, rendues chacune cohérente (même si telle ou telle physique serait plus compliquée à mettre en œuvre).

4. Pensée du mouvement, pensée de la relation, leurs caractéristiques

En résumé de ce qui précède, espace et temps sont construits en opposition l'un à l'autre dans une collection de mouvements relatifs, associés aux mêmes degrés de liberté des éléments du monde : l'espace (ou les relations spatiales) est (sont) construit(es) sur des *mouvements* « arrêtés », ou infiniment lents, par rapport à d'autres mouvements qui nous permettent de construire le temps (les relations temporelles). Ce sont les deux faces d'une même pièce. La dualité temps/espace ne vient pas d'une dualité de substances, mais de la multiplicité des éléments du monde et du possible partage de leurs relations en deux (ou plusieurs) groupes. Ce faisant nous donnons au *mouvement* un caractère primaire, permettant à la fois de parler d'espace (amplitude du mouvement), et de temps (procès du mouvement). Et nous associons à toute portion de réalité sensible un ou des mouvements. Nous sommes appelés alors à une révision des significations associées des concepts de temps, espace et mouvement (voir Guy, op. cit.). Cela concerne l'espace tout autant que le temps. La conception de l'espace est en effet à reprendre en relation avec le mouvement. L'espace a son sens dans la connexion des

différents points qui le constituent, ce qui fait apparaître le rôle des déplacements. Quel sens aurait-il comme collection de points sans lien les uns avec les autres ? La position d'un point renvoie à un déplacement depuis une origine. Le lien entre l'espace et le mouvement (le déplacement), et à travers eux le temps, nous conduit du côté des sciences cognitives où l'on étudie les modalités de l'appréhension de l'espace par le mouvement ([Berthoz 1997]; Poincaré lui-même avait vu ce lien entre espace et mouvement). Il faut revoir aussi la signification du temps : il ne coule pas, nulle part, il n'est la propriété d'aucun point, il est relation, il est changement de relation dans l'espace, il est mouvement (on pense aux travaux de Piaget sur la construction de la notion de temps chez l'enfant).

Caractéristiques de la pensée de la relation

Mais dire : « le temps est défini par le mouvement », mérite discussion. Nous sommes en effet confrontés à une contradiction : le temps serait défini à la fois avant et après le mouvement ? Comment définir le mouvement, sans avoir d'abord défini l'espace ainsi que le temps lui-même ? Ce type de question nous conduit à la frontière de la logique et nous ouvre à des réflexions plus générales. Nous trouvons à propos de la théorie de la relativité une structure intellectuelle comparable à celle de la mécanique quantique, et abondamment commentée à son endroit ; elle n'avait pas été vue à propos de la discussion des concepts de temps et d'espace. Cette structure est caractérisée en bref par les propriétés suivantes, que nous avons déjà évoquées ici pour certaines [Guy 2010a] :

- a) *contenu d'incertitude* : nous ne sommes pas sûr de la stricte correspondance entre les mots et les choses, nous ne sommes pas sûr des valeurs numériques que nous attribuons aux grandeurs physiques. Ce qui se traduit ici par : nous ne sommes pas complètement sûr du statut de mobilité ou d'immobilité de tel point matériel, nous ne sommes pas sûr de la valeur numérique attribuée à sa vitesse (nous pouvons d'ailleurs associer à cette situation des relations mathématiques d'« incertitude », voir [Guy 2004]) ;
- b) *situation d'incomplétude* : le discours construit ne dit pas tout ; il ne se suffit pas à lui-même, on y observe la
- c) *présence de choix arbitraires*, c'est-à-dire soumis au libre arbitre et non strictement imposés par la réalité ; leur origine est extérieure au discours de départ (situation d'incomplétude) : nous choisissons de dire que la lumière a une vitesse constante et nous assumons ensuite ce choix dans la mise en œuvre de nos mesures et dans le fonctionnement de nos équations. Ces choix peuvent conduire à la

- d) *possibilité de modèles de pensée contradictoires entre eux* : nous pouvons construire plusieurs physiques fondées sur des choix différents du phénomène de vitesse décidée constante. Nous sommes ainsi confrontés à des

- e) *situations de récursivité* où les mots sont définis les uns à partir des autres, et dont nous ne pouvons sortir qu'en montrant, en nous contentant de montrer, quelque chose de la « réalité », sans être sûr de son adéquation à des mots qui seraient comme définis en dehors du monde. Nous le faisons en disant : ce phénomène (la propagation de la lumière) nous sert de base « constante ».

5. Construction de la pensée de la relation

Les étapes ou conditions de la pensée de la relation

En mettant en oeuvre la construction des concepts d'espace et de temps ainsi que nous l'avons fait, apparaît une série de conditions sur lesquelles repose la pensée de la relation, comme autant d'étapes de son édification. Nous pouvons y voir un ensemble d'opérations intellectuelles ou une structure abstraite très générale pour penser le monde, au-delà des concepts de temps et d'espace ([Guy 2010b] ; voir aussi [Dujardin 2009]).

a) *Existence d'une scène « vide »*. La pensée de la relation suppose de façon implicite une scène vide ou puisse se penser l'établissement ou la rupture des liens entre les éléments du monde. C'est la condition de la création de ces liens. Nous pourrions appeler « espace » ce vide, mais nous faisons une distinction entre le vide d'un côté et l'espace de l'autre, ce dernier appuyé sur les relations que nous avons appelées spatiales. Ce fond commun nous sert précisément à définir également les relations temporelles (et le temps) par opposition aux relations spatiales. Dans d'autres registres nous pourrions appeler ce vide : l'indicible, le fond d'incomplétude, l'être, le réel voilé (par opposition aux représentations que nous construisons) etc.

b) *Opération de coupure*. Sur ce fond, nous établissons des regroupements des éléments du monde en classes (les points immobiles dans les solides par exemple), en positionnant une frontière ou coupure les séparant d'une ou de plusieurs autres classes (les points mobiles). En somme pour définir A, nous avons besoin (à la place d'un axiome d'identité) de dire « A est non non-A », en l'opposant à B, C, D etc.

c) *Relation d'équivalence*. Ce faisant, nous affirmons une certaine équivalence (on parle de relation d'équivalence en mathématiques) entre les points d'une classe. Le solide est vu comme un tout solidaire, on le pense dans son unité. Ainsi pour la pensée de l'espace qui résulte d'un regard d'ensemble sur un groupe de points.

d) *Nécessité de poser un absolu* (au moins provisoire). Cette pensée par relation montre une limite en ce qu'elle conduit à des régressions à l'infini. Comment décider qu'un point bouge ou non par rapport à un autre, comment décider qu'il mérite d'être associé ou non à d'autres points dans un « solide », de compter dans un ensemble de « relations spatiales » (c'est-à-dire invariables) ? C'est à dire, plus généralement, comment décider de la proximité ou non de tel élément par rapport à tel autre, pour décider de le mettre ou non d'un côté de la frontière du groupe ? Pour juger de l'invariance des relations entre deux points, il faut s'assurer de la constance de la distance qui les sépare ; il faut pour cela disposer d'un mouvement de vitesse constante dans le phénomène de référence. Mais comment juger de ce dernier si ce n'est en le comparant à un autre mouvement, et ainsi de suite. Pour arrêter ces régressions, pour stabiliser en somme cette pensée de la relation, nous avons besoin (nous ne pouvons faire autrement), d'attribuer un caractère absolu (invariant, archétypal), au moins provisoirement, à tel ou tel « phénomène » du monde que nous choisissons et désignons. Nous avons dit : ce phénomène, que nous vous montrons, se décrit par une propagation à la vitesse $c = \text{cste}$, par rapport à ces règles que nous décidons invariables. Nous assumons ce choix dans le bouclage de nos propositions et de nos mises en œuvre expérimentales, en attendant de faire un choix éventuellement plus adapté. C'est faire une sorte de retour à la pensée de la substance, mais qui est maintenant conscient de son caractère fragile, même s'il est indispensable pour penser. Pour le phénomène étalon, nous nous contentons de dire « A est A » sans dire « A n'est pas non-A ». La condition de la symétrie de la relation entre deux éléments A et B demande aussi le postulat d'un absolu, commun aux deux termes de la relation. Derrière tout cela se pose bien sûr la question de la nécessaire interprétation (choix de l'« absolu ») et de l'autorité nécessaire pour le proclamer (cf les travaux de Ricoeur [Ricoeur 1969] sur l'herméneutique, dont il faut étendre le champ à la physique même). Les caractéristiques de la pensée de la relation (section 4) peuvent être comprises par ces conditions.

L'espace et le temps dans toute relation

Nous pouvons aller plus loin et généraliser les concepts d'espace et de temps, à travers le concept de relation, ou de mouvement. Chaque fois qu'il y a relation nous dirons qu'il y a espace. Chaque fois qu'il y a relation, nous dirons qu'il y a temps. Espace dans l'amplitude de la relation, dans l'écart qu'elle suppose. Temps dans le déploiement de la relation, dans le parcours du « trajet » ou du lien qui rejoint l'un à l'autre les deux termes qu'elle conjugue. De façon indissociable, toute relation à la fois sépare (espace) et relie (temps) (voir aussi Guy op. cit.). Sans nous affranchir de difficultés conceptuelles et logiques dont nous avons parlé, c'est à la lumière de ces propositions qu'il faut relire divers problèmes, autant dans la culture que dans les sciences de la nature, et, en particulier, penser l'incorporation nécessaire d'une dimension temporelle dans les multiples concepts que nous construisons. Ainsi le temps de l'évolution biologique qui exprime le lien caché entre les différents animaux que nous classons par relations... Dans la pensée de la substance au contraire, il n'y a pas de temps et l'on met en regard de façon instantanée, sans se poser la question du temps, l'élément du monde au mot qui le désigne dans l'« espace » de la connaissance (ou le « logos »).

6. Le temps dans la physique

Deux constats

Revenons maintenant à la physique d'aujourd'hui pour laquelle nous pouvons faire deux constats. Dans le premier, observons que la question du temps reste mal résolue. On l'évite en prenant d'emblée un paramètre t , toute discussion sur sa construction étant d'avance écartée. Les nouvelles théories qui envisagent de nombreuses dimensions d'espace (les variantes de la théorie des cordes) ne se posent pas non plus la question du temps. Dans le second constat, remarquons que de nombreuses voix s'élèvent aujourd'hui pour parler de malaise en physique, ou pour montrer un certain nombre de difficultés dans les théories existantes (voir par exemple [Smolin 2007]). Nous ne pouvons examiner ici tous les débats, tant la littérature sur le sujet est abondante. Aucune de ces voix pourtant ne conteste fondamentalement l'existence du temps et sa représentation actuelle dans la physique. Rapprochant ces deux constats, et à la suite du texte qui précède, il nous semble qu'une réflexion approfondie, de nature conceptuelle, sur le temps et ses liens à l'espace, est un préalable indispensable à tout progrès en physique. Outre les difficultés pour lesquelles nous avons proposé une solution ou un début de solution (Guy op.cit.), la compréhension du temps et ses liens avec l'espace

exposée à l'instant peut avoir une portée plus grande ; elle permet de discuter de nouvelles questions en physique elle-même.

Le temps en mécanique quantique

Certains auteurs, tels Rovelli [Rovelli 1990], montrent que l'on peut se passer du temps dans le formalisme de la mécanique quantique. D'autres soulignent la mauvaise coexistence entre le temps de la relativité et certaines expériences de la mécanique quantique, qui leur font douter de l'existence du temps « à une certaine échelle ». Ne peut-on pas éviter ces difficultés en remarquant que le temps n'existe à aucune échelle, et n'est qu'un simple repère ? Comprendre les relations de Lorentz comme relations d'incertitude [Guy 2004], peut aussi conduire à apaiser les relations entre relativité et mécanique quantique.

La vitesse de propagation de la lumière

D'autres questions se posent à propos de l'hypothèse de la constance de la vitesse de la lumière, dans le temps ou dans les différentes directions de l'espace, ou encore de l'existence ou non de vitesses supraluminiques etc. On peut les aborder en remarquant que l'on est a priori devant des choix conventionnels, certes indispensables et à assumer après-coup, mais que l'on ne peut écarter l'idée de la possibilité ou nécessité d'en faire d'autres suivant les situations rencontrées...

L'irréversibilité du temps

Sur la question de l'irréversibilité encore, nous pouvons dire : le premier problème du temps n'est pas son irréversibilité mais son existence. Temps et espace n'existent pas tout seuls, ils sont relations, ils sont construits à partir du monde. Cette construction ne peut éviter certains arbitraires et incertitudes dont nous avons parlé. L'incertitude sur la définition des paramètres d'espace et de temps permet de rendre compte de ce que nous pourrions appeler une irréversibilité ontologique. Elle se raccorde avec l'irréversibilité pratique déjà comprise pour des systèmes à grand nombre de particules, où l'on retrouve la flèche du temps en prenant en compte les effets des incertitudes sur les conditions initiales, les effets des perturbations de divers types sur les trajectoires (voir analyse dans [Guy 2008]).

7. Le temps dans la culture ; les apories du temps

Pour faire une transition vers le temps de la culture, remarquons que, de même que l'espace est multiple (multiplicité des lieux), nous pouvons concevoir *une multitude de relations* entre les éléments du monde *et une multitude de temps*, en portant notre attention sur telle ou telle partie du monde, sur tel ou tel mouvement. Mais, par delà cette multitude de temps, il nous a été indispensable de définir un temps unique pour communiquer entre nous et relier ces différents temps. *Ce temps unique, c'est le temps de la physique* (ou le temps habituel, on pourrait dire universel), dont nous avons parlé. *Ce temps unique est un simple repère* extérieur aux choses. Il ne signifie à la limite rien par rapport à la marche de telle ou telle partie du monde.

Comprendre cela nous donne un point de vue pour aborder les problèmes du temps qui continuent de se poser dans le domaine de la philosophie, et de toute la culture. En nous demandant après tant d'autres : comment le temps existe-t-il, lui qui est composé du passé, qui n'existe plus, du futur, qui n'existe pas encore, et du présent, néant coïncé entre deux néants ? L'association du temps et de l'espace donne des éléments de réponse [Guy 2010b]. Il faut pour cela revenir à la source : le « mouvement ». Ainsi, comme nous l'avons dit, en nous intéressant à tel ou tel mouvement, nous opposerons ce qui est spatial (les mouvements « très lents ») à ce qui est temporel (les mouvements « sensibles »). Mais le temps ainsi défini reste « à côté » de l'espace (à côté dans son sens le plus banal). Un morceau de solide stable est en quelque sorte épargné par le temps qui coule « ailleurs ». Les catégories grammaticales du temps : passé/présent/futur concernent non pas cette partie temporelle mobile extérieure aux choses stables, ni le temps universel qui n'est qu'un repère, mais l'ensemble espace + temps dans la multiplicité des relations spatiales et temporelles. Après Einstein, nous aurions déjà pu relier les catégories du temps à l'association indivisible espace-temps. Ce raccord exprime que la langue concerne le fonctionnement du monde dans son ensemble et non tel ou tel morceau plus ou moins artificiellement séparé (le temps par rapport à l'espace). Ainsi quand nous parlons de présent, nous parlons à la fois du nuage qui se fait et se défait, renvoyant au temps du changement, et de la montagne immobile et présente depuis des millénaires, renvoyant à l'espace. Il est absurde de dire que cette montagne disparaît constamment dans le passé pour renaître dans le présent. Elle est provisoirement hors du temps. Nous pourrions parler de passé présent, pour indiquer cette partie spatiale (non purement temporelle) du temps grammatical. Et cette montagne est aussi un présent du futur (un futur présent, au

moins futur proche). C'est tout le sens de sa présence. Ce qui est bien passé, passé du passé, c'est le moment qui a compté comme frontière de fluctuance (instant d' « agrégation »), où cette montagne a surgi, même si nous devons pour cela envisager de longues durées. De même pour le vrai du futur, le futur futur, qui verra ou non une désagrégation de la montagne et une nouvelle combinaison de ses éléments. Par l'adjonction de deux termes temporels pour désigner une même expérience (passé présent, futur futur etc.) nous pouvons faire apparaître des nuances sur le caractère mixte des catégories grammaticales à la fois spatiales et temporelles. Une autre façon de décrire les qualités du présent serait de chiffrer les proportions de ce qui change dans l'environnement du sujet, ou dans ce à quoi il prête attention : un présent à 90% spatial et 10% temporel pour indiquer que la proportion de ce qui change ou de ce que le sujet voit changer (ou décide de voir changer) autour de lui est de 10%. On conçoit que l'« épaisseur » de ce présent, sa durée, est fonction de ce pourcentage, en supposant implicitement qu'il ne peut pas varier trop rapidement : un présent à 90 % temporel - c'est la tempête, le chaos- est plus fugitif qu'un présent à 10% temporel, comme l'immobilité du désert.

Les difficultés qui se posent à propos du temps dans la culture (multiplicité des temps, sens des catégories passé/présent/futur) s'éclairent par ce double constat - de multiplicité des relations / multiplicité des temps et - de choix nécessaire (inévitable) d'un temps unique. Telle est une solution que nous proposons pour les apories du temps, fondée sur une nouvelle compréhension du temps et des relations temps espace. Elle permet de réconcilier le temps des physiciens à celui des humanités. Elle demande un examen détaillé de la répartition de ce qui se passe autour du sujet parlant. On conçoit qu'une telle analyse rigoureuse soit lourde à mener et que les expressions de la vie de tous les jours ne puissent éviter des incohérences logiques.

8. Conclusion : penser ensemble l'espace et le temps

Penser ensemble l'espace et le temps ? Oui, au moins de façon provisoire, dans l'image mentale qui relie l'un à l'autre dans le *mouvement*. Oui, un instant seulement, en un tiers inclus éphémère, avant que l'on ne « s'arrête ». Souvenons-nous en effet d'Aristote dans la Physique : « il faut s'arrêter ». Seule cette halte permet le discours et la connaissance, et, après elle, nous ne supportons plus la contradiction et le tiers inclus. Mais ce que nous

pouvons souligner maintenant c'est le caractère conventionnel, fragile, jamais définitif, de cet arrêt, au sein d'une transhumance infinie, qui sans cesse nous demande de remettre sur le métier nos formulations. Arrêt qui ne doit pas être compris non plus en opposition au *mouvement*, mais avec lui, comme condition de sa définition. La pensée chinoise ne nous invite-t-elle pas de son côté à une inséparation du dynamique et du statique, du dynamique et de la configuration ?

Cette étape du penser ensemble l'espace et le temps, malgré son caractère provisoire, est fondatrice. Elle nous permet de comprendre la genèse des mots et des concepts correspondants, leurs limites, et les difficultés qui y sont cachées, depuis la culture et la philosophie jusqu'à la physique. La théorie de la relativité est là, dans cette association du temps, de l'espace et du mouvement. L'identification que nous pouvons faire en physique entre temps et mouvement n'est pas sans conséquences concrètes. Elle nous conduit à utiliser trois coordonnées pour construire le temps, non en ajout des coordonnées spatiales, mais comme trois d'entre elles à adjoindre à celles des points de l'espace : elles correspondent à celles d'un point particulier, exprimées dans le même repère, et dont le mouvement nous sert pour définir le temps. Ceci a de multiples conséquences pour le fonctionnement du formalisme (écriture des lois générales de conservation en physique, des transformations de Lorentz, des équations de Maxwell ; reprise des équations de la gravitation...) comme nous l'avons proposé de façon préliminaire dans [Guy 2010c] et [Guy 2010d].

En conclusion, le présent travail doit être considéré comme un angle d'attaque pour reprendre diverses questions qui se posent en physique, et au-delà, et qui touchent à la question du temps et ses relations plus ou moins cachées avec l'espace.

Remerciements

L'auteur remercie Philippe Dujardin, Olivier Frérot et Romy Sauvayre qui lui ont signalé telle ou telle référence ou tel ou tel événement utile, ainsi que les nombreux chercheurs avec qui il a discuté ces questions, en particulier les membres du comité scientifique des Ateliers sur la contradiction de Saint-Etienne.

Références bibliographiques

Berthoz Alain

1997 *Le sens du mouvement*, Paris : Odile Jacob.

Bitbol Michel

2010 *De l'intérieur du monde. Pour une philosophie et une science des relations*, Paris : Flammarion.

Dujardin Philippe

2009 De quoi sommes-nous contemporains ? Essai d'anthropologie politique ; *Sens public, les cahiers* n°11-12, 11-92.

Guy Bernard

2004 *L'éclair et le tonnerre, promenades entre l'espace et le temps (à propos de la théorie de la relativité)*, Paris : Editions EPU.

2008 Particles, scale, time construction and the second law of thermodynamics, *Meeting the entropy challenge, an international thermodynamics conference in honor and memory of Professor Joseph Henry Keenan, held at MIT 4-5 October 2007* [Beretta, Ghonien et Hatsopoulos 2008], New York: The American Institute of Physics, 174-179.

2010a Contradictions dans la pensée de l'espace, du temps et du mouvement, *Actes des ateliers sur la contradiction*, [Guy 2010], Paris : Presses des mines, 85-92.

2010b Groupes sociaux, espace, temps, dialogue entre un physicien et un anthropologue, <http://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00468407/en/>

2010c A modified law of gravitation taking account of the relative speeds of the moving masses. A preliminary study, <http://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00472210/fr>

2010d Les relations de Lorentz et le temps : proposition d'utilisation d'un paramètre temporel tri-dimensionnel défini par un déplacement ; la question du temps en physique, internet archive : <http://www.archive.org/details/LesRelationsDeLorentzEtLeTempspropositionDutilisationDun>

Jullien François

1993 *Figures de l'immanence, pour une lecture philosophique du Yiking, le « classique du changement »*, Paris : Grasset.

2006 *Si parler va sans dire, du logos et autres ressources*, Paris : Le Seuil.

Morin Edgar

1986 *La méthode. 3. La connaissance de la connaissance*, Paris : Le Seuil.

2005 *Introduction à la pensée complexe*, Paris : Le Seuil.

Ricoeur Paul

1969 *Le conflit des interprétations, essais d'herméneutique*, Paris : Le Seuil.

Rovelli Carlo

1990 Quantum mechanics without time: a model, *Physical Review D*, 42, 8, 2638-2646.

Smolin Lee

2006 *The trouble with physics. The rise of string theory, the fall of a science and what comes next*, Boston: Houghton Mifflin Harcourt publishing company

2007 traduction française par Alexei Grinbaum *Rien ne va plus en physique, l'échec de la théorie des cordes*, Paris : Dunod.